



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica  
2008

**Marcos Fernández  
Gomes**

Microgeração e gestão de energia em  
ambientes residenciais

# **DOCUMENTO PROVISÓRIO**



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica  
2008

**Marcos Fernández  
Gomes**

**Microgeração e gestão de energia em  
ambientes residenciais**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica do Prof. Doutor José Paulo Santos, Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e do Prof. Doutor Rui Moreira, Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.



A Firmo Gomes de Almeida  
20.11.1930 – 07.11.2008



## O júri

Presidente

Prof. Doutora Mónica Oliveira

Prof. Auxiliar | Dept. de Engenharia Mecânica | Universidade de Aveiro

Arguente

Prof. Doutor Carlos Cardeira

Prof. Auxiliar | Inst. Sup. Técnico | Universidade Técnica de Lisboa

Orientador

Prof. Doutor José Paulo Santos

Prof. Auxiliar | Dept. de Engenharia Mecânica | Universidade de Aveiro

Co-orientador

Prof. Doutor Rui Moreira

Prof. Auxiliar | Dept. de Engenharia Mecânica | Universidade de Aveiro



## **Agradecimentos**

Os meus agradecimentos à minha família que sempre me proporcionou o apoio necessário à minha progressão.

Aos meus amigos o meu muito obrigado, pela amizade e companheirismo demonstrados durante todos estes anos.

Um especial agradecimento ao Miguel, Luís e Sobrinho pelo apoio prestado, sem eles não teria conseguido terminar.

À Professora Maria de los Dolores Manso pela disponibilização dos dados meteorológicos.

À Professora Mónica Oliveira pelo apoio prestado.

Ao meu orientador, Professor José Paulo Santos, e co-orientador, Professor Rui Moreira, pelo apoio e motivação.





## **Palavras-Chave**

Microgeração, energias renováveis, sistema de monitorização e controlo, microcontroladores, protocolos de comunicação, *CAN*, *ModBus*, autómato programável, sensor digital, sensor analógico, página Web dinâmica, *PHP*, *ActionScript*, *Visual Basic*, *C*, *MySQL*.

## **Resumo**

Este trabalho descreve um estudo relativo à utilização de energias renováveis em ambientes residências, e um sistema de monitorização e controlo residencial. Foi realizado um estudo comparativo de diversas formas de microprodução de energia, o qual engloba a análise das condições de funcionamento na zona de Aveiro e o retorno do investimento para variadas soluções disponíveis no mercado. Para complementar este estudo, desenvolveu-se um sistema de monitorização e controlo com vista a auxiliar o utilizador na poupança de recursos (energia, água e gás) e detecção de avarias. O sistema proposto é baseado na utilização de um autómato programável para o controlo de actuadores e numa rede de sensores ligados a microcontroladores presentes numa rede *CAN*, que por sua vez estão ligados a um computador pessoal que regista todos os acontecimentos numa base de dados *MySQL*. A interacção deste sistema com o utilizador é feita mediante uma aplicação em *Visual Basic* ou mediante uma página de internet dinâmica programada em linguagem *flash* e *PHP*.



## **Keywords**

Microgeneration, renewal energies, monitoring and control system, microcontrollers, communication protocols, *CAN*, *ModBus*, programmable logic controller, digital sensors, analogue sensor, dynamic web page, *PHP*, *ActionScript*, *Visual Basic*, *C*, *MySQL*.

## **Abstract**

This work describes a study of the employment of renewal energy sources in residential areas, as well a residential monitoring and control system. A comparative study between some potential energy microgeneration equipment has been developed, considering the equipment's functional conditions in Aveiro and the payback of some of the solutions available on the market. Additionally a monitoring and control system has been developed in order to assist the user saving resources (energy, water and gas) and detecting failures. The proposed system is based on the implementation of a (autonomous) programmable logic controller to manage the actuators system, and on a sensor network attached to microcontrollers connected to a *CAN* bus. This microcontroller bus is also connected to a personal computer that manages all the information and writes it on *MySQL* database. The interaction between the user and the system is made through a *Visual Basic* application or through a dynamic webpage programmed in *flash* and *PHP* code.



## Palabras – Clave

Microgeneración, energías renovables, sistema de monitorización y control, microcontroladores, protocolos de comunicación, *CAN*, *ModBus*, controlador lógico programable, sensores digitales, sensores analógicos, página de internet dinámica, *PHP*, *ActionScript*, *Visual Basic*, *C*, *MySQL*.

## Resumen

Este trabajo describe un estudio de utilización de energías renovables en ambientes residenciales, y también de un sistema de monitorización y control residencial. Fue desarrollado un estudio comparativo de diferentes medios de microgeneración de energía, englobando este un análisis de las condiciones de funcionamiento en la zona de Aveiro y del retorno de la inversión para las variadas soluciones disponibles en el mercado. Para completar este estudio, se desarrolló un sistema de monitorización y control con la intención de auxiliar el utilizador en el ahorro de recursos (energía, agua y gas) y en la detección de averías. El sistema propuesto es basado en la utilización de un controlador lógico programable para el control de actuadores y en una red de sensores conectados a microcontroladores acoplados a una red *CAN*, que también están conectados a un ordenador personal que se encarga de registrar todos los datos en una base de datos *MySQL*. La interacción del sistema con el utilizador es hecha recorriendo a una aplicación desarrollada en lenguaje *Visual Basic* ó por una página de internet dinámica programada en lenguaje *flash* e *PHP*.



## Índice

1	Introdução .....	1
2	Enquadramento.....	3
2.1	Utilização de energias renováveis no passado .....	3
2.2	Aproveitamento de energias renováveis em grande escala .....	4
2.3	Aproveitamento de energias renováveis em pequena escala.....	5
2.4	Sistemas de gestão e monitorização energética.....	7
2.5	Microprodução de Energias Renováveis – enquadramento legislativo.....	8
2.5.1	Microgeração.....	9
2.5.2	Micro-rede.....	10
3	Estudo de implementação de soluções de microgeração em ambientes residenciais.....	13
3.1.1	Sistema micro-eólico.....	14
3.1.2	Sistema fotovoltaico (PV) .....	21
4	Tecnologias de suporte.....	25
4.1	Protocolos de camada física e/ou de ligação de dados .....	27
4.1.1	Protocolo de comunicação Rs-232 .....	27
4.1.2	Protocolo de comunicação Rs-485 .....	29
4.1.3	Protocolo de comunicação Ethernet .....	31
4.1.4	Protocolo de comunicação CAN .....	32
4.1.5	Protocolo de comunicação I <sup>2</sup> C .....	35
4.1.6	Protocolo de comunicação 1-Wire .....	38
4.1.7	Protocolo de comunicação <i>ModBus</i> .....	40



4.2	Dispositivos de monitorização e controlo .....	41
4.2.1	Microcontrolador (PIC).....	42
4.2.2	Autómato programável.....	44
4.2.3	Computador.....	44
4.2.4	Actuadores.....	45
4.2.5	Sensores e transdutores .....	46
5	Desenvolvimento do sistema de monitorização e controlo a implementar .....	49
5.1	Rede de sensores e transdutores .....	50
5.2	Tecnologias de suporte utilizadas no sistema desenvolvido .....	53
5.2.1	Ligação <i>Ethernet</i> .....	55
5.2.2	Ligação Rs-232 .....	55
5.2.3	Ligação Rs-485 .....	55
5.2.4	Ligação CAN.....	56
5.2.5	Microcontrolador.....	56
5.2.6	Autómato programável.....	57
5.2.7	Computador.....	58
5.3	Programação dos equipamentos utilizados no sistema.....	58
5.3.1	Circulação da informação pelo sistema.....	61
5.3.2	Comunicação <i>ModBus</i> com o autómato.....	62
5.3.3	Protocolo CAN.....	63
5.3.4	Protocolo I <sup>2</sup> C.....	63
5.3.5	Protocolo 1-Wire .....	64
5.3.6	Tecnologia <i>CMOSens</i> ®.....	64
5.4	Método de funcionamento do sistema de Monitorização e Controlo.....	64
5.4.1	Aquisição de dados provenientes dos sensores .....	65
5.4.2	Análise do tráfego do barramento CAN.....	69
5.4.3	Procedimento de análise de mensagens prioritárias .....	71
5.4.4	Disponibilização dos dados na página dinâmica de internet .....	73
5.4.5	Interacção do utilizador com o sistema de monitorização e controlo proposto.....	75

5.4.6	Interface da Aplicação Visual Basic .....	76
5.4.7	Interface Página dinâmica .....	79
6	Análise de custos e de desempenho do sistema de monitorização .....	81
7	Conclusões .....	85
8	Referências .....	89
9	Anexos.....	93



## Índice de Figuras

Figura 1 - Turbina de Eixo Vertical Maglev(MAGLEV, 2007) .....	4
Figura 2 - Sistema de Bombagem Utilizado na <i>EnergyIsland</i> (KEMA, 2007b).....	5
Figura 3 - PV flexível (NANOSOLAR, 2008).....	6
Figura 4 -Magenn Air Rotor System [28] .....	6
Figura 5 - SUNNY WEBBOX (SMA, 2008).....	7
Figura 6 - Circuito principal do sistema.....	8
Figura 7 - Página de internet dinâmica para disponibilização dos dados climáticos .....	14
Figura 8 - Representação dos polinómios de ajuste à curva de potência do gerador eólico Ampair600.....	16
Figura 9 - Camadas do modelo OSI.....	27
Figura 10 - Ligação Rs-232 entre um computador e um terminal .....	28
Figura 11 - Exemplo da transmissão de dados por RS-485 .....	30
Figura 12 - Conversor Rs-232/Rs-485 .....	31
Figura 13 - Esquema de ligação do CAN barramento.....	33
Figura 14 - Quadros de uma mensagem CAN .....	35
Figura 15 - Exemplo de uma ligação entre dispositivos I <sup>2</sup> C (IC, 2007).....	37
Figura 16 - Exemplo das condições de início e fim de mensagem .....	38
Figura 17 – a) disposição de dispositivos 1-Wire; b) composição (IC, 2008c) .....	39
Figura 18- Exemplo duma comunicação 1-Wire (FRANKBUSS, 2006) .....	40
Figura 19 - Estrutura mensagem <i>ModBus</i> .....	41
Figura 20 - Esquema exemplificativo do sistema desenvolvido .....	50
Figura 21 - T3510 da <i>comet systems</i> .....	51
Figura 22- Diagrama de funcionamento do sistema.....	53
Figura 23 - Algumas características do microcontrolador .....	57
Figura 24 - Circuito de aquisição dados de sensores digitais e analógicos .....	65
Figura 25 - Diagrama de interacção da aquisição dos valores de temperatura do sensor TC74. ....	67
Figura 26 - Diagrama de interacção da aquisição dos valores de temperatura e humidade do sensor SHT11. ....	67
Figura 27 - Diagrama de interacção da aquisição dos valores de temperatura do sensor DS18S20P. .....	68
Figura 28 - Diagrama de interacção da aquisição dos valores de temperatura do termopar. ....	68
Figura 29 - Fluxograma SDL da aquisição de dados dos sensores. ....	69

Figura 30 - Interligação dos diversos microcontroladores através de uma rede CAN .....	70
Figura 31 – Fluxograma SDL do procedimento de análise das mensagens pelo microcontrolador mestre .....	71
Figura 32 - Ligação entre o autómato programável e o microcontrolador.....	72
Figura 33 - Fluxograma da implementação de ModBus pelo microcontrolador.....	73
Figura 34 - Fluxograma SDL de funcionamento da página dinâmica de internet.....	74
Figura 35 – Fluxograma SDL representativo da interacção do utilizador com o sistema.....	76
Figura 36 - Aparência da janela do exterior .....	77
Figura 37 - Aparência da janela do rés-do-chão.....	78
Figura 38 - Aparência da janela do primeiro piso. ....	78
Figura 39 - Aspecto inicial da página dinâmica. ....	79
Figura 40 - Aparência da página de internet dinâmica do rés-do-chão.....	80
Figura 41 - Aparência da página de internet dinâmica do primeiro piso. ....	80

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Modelos de micro-aerogeradores e suas características.....	15
Tabela 2 – Funções polinomiais de ajuste para os modelos estudados .....	16
Tabela 3 - Energia média anual e estimativa anual dos vários modelos de geradores eólicos.....	17
Tabela 4 - Comparação das receitas anuais segundo os regimes de microgeração.....	18
Tabela 5 - Acessórios necessários à montagem dos aerogeradores .....	19
Tabela 6 - Retorno de Investimento segundos os dois regimes de microgeração .....	20
Tabela 7 - Alguns modelos de painéis fotovoltaicos estudados .....	21
Tabela 8 - Produção de energia dos diversos modelos PV analisados .....	22
Tabela 9 - Receita anual dos diversos equipamentos .....	22
Tabela 10 - Custo de equipamentos auxiliares aos painéis PV e instalação .....	23
Tabela 11 - Análise do retorno do investimento segundo os dois regimes de microgeração.....	23
Tabela 12 - Comandos utilizados pelo protocolo <i>ModBus</i> .....	41
Tabela 13 - Estrutura de mensagem utilizada .....	62
Tabela 14 - Estrutura mensagem CAN .....	66
Tabela 15 - Custo dos dispositivos associados.....	81
Tabela 16 - Lista de componentes do sistema desenvolvido e custo associado .....	83



## Índice de Anexos

Anexo 1 - Características do aerogerador Ampair600 (AMPAIR, 2008b). .....	94
Anexo 2- Características do aerogerador Ampair100 (AMPAIR, 2008b). .....	95
Anexo 3- Características dos modelos Whisper100 e Whisper200 (WINDPOWER, 2008b). .....	96
Anexo 4- Características do aerogerador Skystream3.7 (WINDPOWER, 2008a). .....	97
Anexo 5- Características do módulo PWM1700 da PHOTOWATT, com a variação de temperatura do módulo (PHOTOWATT, 2005). .....	98
Anexo 6- Características do módulo PWM1700 da PHOTOWATT, com a variação da irradiação (PHOTOWATT, 2005). .....	99
Anexo 7- Orçamento de instalação de um sistema de PVs para microgeração. ....	100
Anexo 8 - Dados <i>RETScreen</i> da região de Coimbra. ....	101
Anexo 9- Modelo energético do software <i>RETScreen</i> para o aerogerador Ampair600. ....	102
Anexo 10- Análise financeira do software <i>RETScreen</i> para o aerogerador Ampair600. ....	103
Anexo 11- Modelo energético do PV BP7180S obtido recorrendo ao uso do software comercial <i>RETScreen</i> . ....	104
Anexo 12- Esquema eléctrico para a implementação de comunicação CAN com microcontrolador. ....	105
Anexo 13- Esquema eléctrico da ligação de sensores e transdutor MAX3232 ao um microcontrolador de 28 pinos. ....	106
Anexo 14- Esquema eléctrico da ligação do transdutor MAX485 aos pinos do microcontrolador. ....	107
Anexo 15- Orçamento para autómato programável e módulo de comunicação. ....	108





## 1 Introdução

Cada vez mais aumenta a preocupação com a escalada dos preços e escassez dos combustíveis fósseis, não só por parte do cidadão comum mas também por parte do sector empresarial e governos. A estes factores juntam-se as inúmeras alterações climáticas verificadas por todo o globo terrestre e um esforço internacional para a redução das emissões poluentes para a atmosfera.

No globo terrestre 37% do consumo mundial de energia provém do petróleo e 27% do carvão e onde 80% do tempo do ser humano é passado no interior de edifícios (EDP - ENERGIAS DE PORTUGAL, 2006). É então de elevada importância que os edifícios sejam cada vez mais eficientes energeticamente, mas que sejam também cada vez mais eficientes do ponto de vista energético, assumindo as fontes de energia renováveis um papel crucial. Perante este cenário têm surgido diversas tecnologias de microgeração de energia associadas ao aproveitamento das energias renováveis em edifícios, nomeadamente as energias solar, eólica e hídrica.

Além da implementação dos sistemas anteriormente referidos é muito importante que as pessoas tomem atitudes mais eficientes no que diz respeito à perspectiva do consumo energético. Para aumentar a eficiência energética de uma habitação, para além da implementação de dispositivos com maior rendimento, é necessário minimizar os consumos desnecessários. É neste contexto que se insere o presente trabalho, onde se pretende analisar as opções de microprodução existentes e desenvolver um sistema de monitorização e controlo energético para uma habitação. Para o efeito, pretende-se desenvolver um software de gestão e monitorização energética, onde o utilizador poderá monitorizar diversas grandezas de carácter energético (temperaturas, consumos de água/gás, consumo de energia eléctrica, etc.) através da aplicação instalada no computador, ou a partir de uma página dinâmica disponibilizada na internet. É também pretendido que o sistema tenha a possibilidade de controlar diversos componentes de uma casa (sistemas de medidas, aquecimento e transporte de águas) sem necessidade de um computador, para tal pretende-se desenvolver uma rede entre vários dispositivos que comuniquem entre si e tomem decisões mediante a pré-definição de alguns parâmetros funcionais.



## **2 Enquadramento**

Para a realização deste trabalho foi efectuada uma pesquisa acerca dos recursos energéticos renováveis e equipamentos utilizados para satisfazer a procura energética no dia-a-dia do ser humano. Nesta pesquisa procuram-se os métodos de captação de energia renováveis utilizados actualmente, assim como um conjunto de inovações tecnológicas na área de captação de energia proveniente de energias renováveis bem como na área de controlo e monitorização energética para ambientes residenciais.

### **2.1 Utilização de energias renováveis no passado**

O aproveitamento das energias renováveis é uma tecnologia usada pelo ser humano há vários milénios atrás para a sua sobrevivência, deslocação, ou mesmo para rituais religiosos. Sabe-se que por volta de 200 a.C. o sol era utilizado por sacerdotes para acenderem o fogo sagrado dos altares, mediante espelhos curvos de ouro polido. Já Arquimedes utilizou espelhos côncavos para incendiar os barcos romanos durante os ataques a Siracusa em 212 a.C. (MARTÍN, 1995).

A energia eólica também é utilizada há bastantes séculos, nomeadamente com o aparecimento dos primeiros moinhos de vento no século I d.C.(WIKIPÉDIA, 2008f) e a navegação dos mares pelos portugueses durante a época dos descobrimentos no século XV (SUAPESQUISA.COM, 2004). Um marco importante para a energia eólica foi, sem dúvida, o primeiro gerador eólico em 1888 em Cleveland, Ohio (WIKIPÉDIA, 2008g).

As energias renováveis começaram a deixar de ser utilizadas após a revolução industrial e da invenção da electricidade, uma vez que se conseguia produzir maiores quantidades de energias por estes novos métodos. No entanto, estas voltaram a ter grande destaque com a crise do petróleo da década de 70, onde o preço do petróleo chegou a aumentar mais de 300% (WIKIPÉDIA, 2008b).

## 2.2 Aproveitamento de energias renováveis em grande escala

Devido à crescente preocupação com a escassez dos recursos energéticos fósseis e com as alterações climáticas, tem-se assistido a um aumento constante do número de construções para o aproveitamento de fontes de energia renovável, nomeadamente o aumento do número de parques eólicos e centrais solares, bem como uma maior preocupação com a construção de instalações cada vez mais potentes e eficientes. Como exemplo dessas inovações, refere-se o desenvolvimento da turbina eólica de eixo vertical utilizando tecnologia de levitação magnética com uma potência de 1GW (Figura 1) apresentado pela empresa *MagLev*, na China. Essa turbina tem uma durabilidade estimada de 500 anos (as torres eólicas actuais mais comuns têm potências de cerca de 3MW e uma durabilidade prevista de 15 anos (WIKIPÉDIA, 2008g)), necessitando de ventos de apenas 1,5m/s para gerar energia (menos 1 m/s que as turbinas utilizadas actualmente (WIKIPÉDIA, 2008g)), (MAGLEV, 2007). Outra inovação é o projecto “TheEnergyIsland”, para armazenar energia através da bombagem de água (Figura 2). Este projecto faz parte da construção de uma ilha artificial perto da costa da Holanda. Nessa ilha será instalado um parque eólico com capacidade de produção de 2 a 2,5 GW, que será utilizado para a bombagem de água para uma cota superior. Quando houver necessidade de energia, a água armazenada anteriormente é encaminhada para geradores que produzem energia eléctrica, tendo uma capacidade máxima de acumulação de 30GWh (KEMA, 2007a).



Figura 1 - Turbina de Eixo Vertical Maglev(MAGLEV, 2007)



Figura 2 - Sistema de Bombagem Utilizado na *EnergyIsland*(KEMA, 2007b)

### 2.3 Aproveitamento de energias renováveis em pequena escala

Com a crise do petróleo da passada década de 70, as pessoas começaram a recorrer a sistemas de captação de energias renováveis para a instalação nas suas habitações, por forma a reduzir os efeitos financeiros causados pela crise(BRADFORD, 2006).

Actualmente existem diversas formas de captação de energia renovável em pequena escala, das quais se destacam os colectores solares ou painéis fotovoltaicos (PVs) para captar energia solar, e os micro geradores eólicos para aproveitamento do energia vento, sendo estes últimos mais eficientes que os anteriores, requerendo bastante manutenção e um investimento inicial mais elevado, ao contrário dos primeiros que quase não necessitam manutenção e têm preços mais acessíveis.

Neste campo das energias renováveis também têm havido diversas inovações, nomeadamente no desenvolvimento de PVs cada vez mais eficientes e de novas tecnologias para o aproveitamento de energia. Um exemplo é o caso do desenvolvimento de uma tinta revolucionária que permite a “impressão” de um semicondutor de uma célula solar levado a cabo pela empresa *Nanosolar*. Desta forma, é possível obter painéis solares flexíveis adaptáveis a qualquer superfície (Figura 3) a um preço muito inferior, garantindo painéis solares com um custo de \$USD 0,99/W (0,79€ a 21 de Janeiro de 2008) (INOVAÇÃOTECNOLÓGICA, 2008).

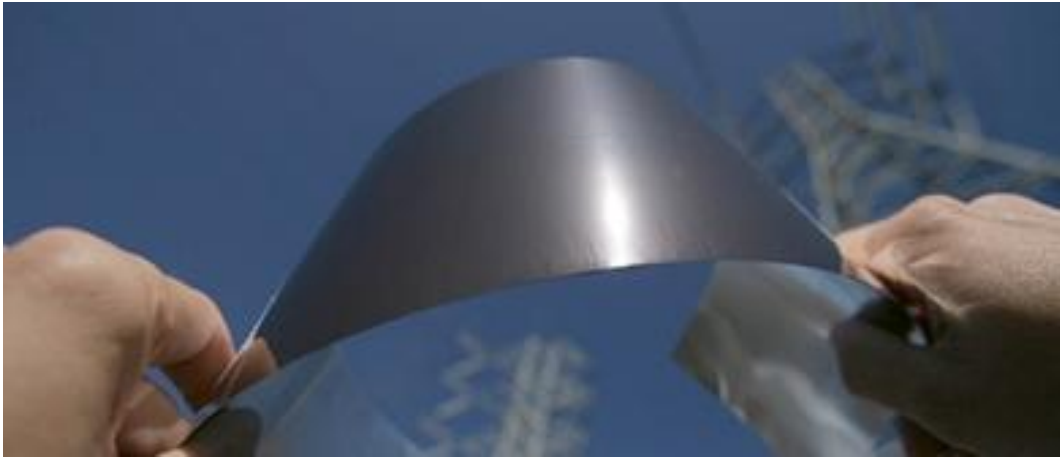


Figura 3 - PV flexível (NANOSOLAR, 2008)

Outro avanço tecnológico recente é o novo sistema de captação da energia eólica (Figura 4) desenvolvido pela empresa *Magenn*. Este sistema recorre a uma estrutura similar a um papagaio de vento cheio de hélio, que se encontra suspensa a uma altura de cerca de 300 metros, presa ao solo por cabos que permitem também a passagem de energia. Este sistema possibilita obter cerca de 10kW de potência a um custo abaixo dos \$USD 0,15 por kWh (€0,12 por kWh a 13 de Maio de 2008) (MAGENN, 2008).

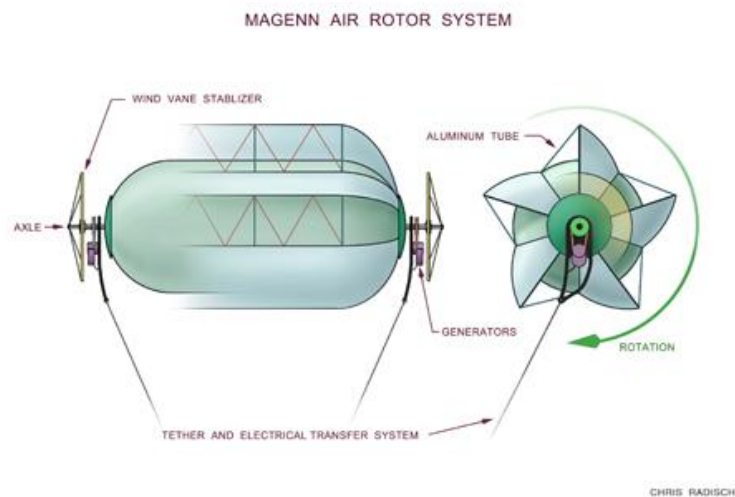


Figura 4 -Magenn Air Rotor System [28]

## 2.4 Sistemas de gestão e monitorização energética

Além da utilização da energia proveniente de fontes de energia renováveis existem sistemas para auxiliar a redução do consumo energético, de baixo custo, proporcionando uma forma de sensibilização, denominados sistemas de gestão e monitorização energética. Existem diversos sistemas com diversos graus de complexidade, podendo exercer simples funções, como monitorizar o consumo de um equipamento, ou funções mais complexas, como a monitorização das diversas variáveis energéticas de um ou mais edifícios.

Como exemplo destes sistemas disponíveis no mercado encontra-se a solução proposta pela empresa norte-americana SMA, um dos maiores produtores de inversores para sistemas de PVs a nível mundial, a *SUNNY WEBBOX*, que permite a monitorização do estado de um ou mais inversores, oferecendo a possibilidade de disponibilizar toda a informação numa página de internet. Este dispositivo tem interfaces de comunicação (rs-485, USB e Ethernet) para comunicar com os diversos dispositivos (inversores, computadores e sensores), assim como servidor WEB e FTP e capacidade de criação de ficheiros com os dados recolhidos. Na Figura 5 encontra-se uma imagem da *SUNNY WEBBOX*.

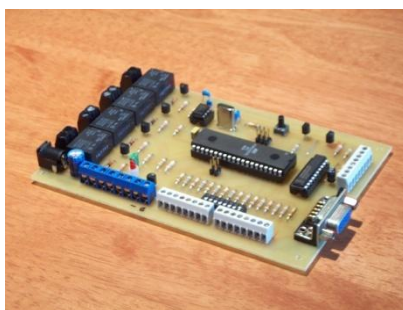


Figura 5 - SUNNY WEBBOX (SMA, 2008)

Existe também outro tipo de sistemas de gestão e monitorização energética fabricados consoante as exigências do cliente, os quais podem abranger diversas áreas de gestão e monitorização de energias, tais como o controlo de temperatura e iluminação



ambiente. Normalmente estes equipamentos encontram-se associados a sistemas de domótica que requerem um elevado investimento em tecnologia, sendo pouco flexíveis em relação a futuras alterações. No entanto, podem encontrar-se outros tipos de soluções não comerciais, como é o caso do sistema de monitorização desenvolvido para a monitorização recorrendo ao uso de um microcontrolador (RIGIN, 2008). Este sistema tem acoplado ao microcontrolador um conjunto de sensores de temperatura e uma consola gráfica e comunicação série com um computador através dos quais o utilizador controla a iluminação da casa. Estes sistemas têm uma grande flexibilidade de implementação a um custo e dimensões reduzidas. Uma imagem do circuito observa-se na Figura 6.



**Figura 6 - Circuito principal do sistema**

## **2.5 Microprodução de Energias Renováveis – enquadramento legislativo**

Actualmente existe a necessidade de obter soluções para a presente crise energética. Esta crise deve-se sobretudo a:

- aumento do consumo energético, em particular do consumo eléctrico;
- preocupações com a segurança de abastecimento;
- preocupações ambientais (alterações climáticas, preservação da natureza, poluição);
- aumento da sustentabilidade;
- dificuldades crescentes na construção de infra-estruturas de transporte e distribuição;

As soluções para este tipo de problema passam pela diversificação das fontes energéticas, pelo aumento da exploração de fontes de energias renováveis e pelo aumento da eficiência na produção, armazenamento, transporte e utilização da energia. Desta forma, pessoas e empresas procuram cada vez mais e melhores soluções para a produção de energia proveniente de fontes renováveis, equipamentos mais eficientes e atitudes mais ecológicas, quer sejam para pouparem na factura de electricidade, para efeitos de marketing, ou pura e simplesmente para assumir um estilo de vida mais ecológico. É então neste contexto que surgem os conceitos de microgeração e de micro-redes de energia, ambos relacionados entre si.

### **2.5.1 Microgeração**

Com o objectivo de incentivar a utilização de energias renováveis através da produção de energia por parte de pessoas singulares ou colectivas, públicas ou privadas, recorrendo à produção local de energia para consumo próprio e/ou venda, foi criada legislação que permite identificar os incentivos e requisitos aos sistemas de micro geração. Estes incentivos têm como objectivo descentralizar a produção de energia e um melhor e maior aproveitamento das energias renováveis. A legislação criada para o efeito, DL 363/2007 e DL 69/2002, regula a actividade de produção em baixa tensão destinada predominantemente ao consumo próprio, sem prejuízo de poder distribuir a produção excedente a terceiros ou injectar esse excesso na rede pública.

Em Portugal quem pretender instalar equipamentos de microgeração de energia encontra algumas limitações em relação à capacidade de energia, nomeadamente a potência, que pode debitar na Rede Eléctrica de Serviço Público (RESP), não podendo ser superior a 50% da potência contratada para a instalação eléctrica de utilização (excepto condomínios), nem superior a 150kW, sendo que o somatório das ligações de micro geração a um posto de transformação não pode ultrapassar 25% da potência do mesmo (ECONOMIA, 2007).

Para se poder iniciar a actividade de micro geração de energia é primeiro necessário proceder ao registo provisório no sistema de registo de microprodução (SRM), mediante o

preenchimento de um formulário a aprovar por despacho do director-geral de energia e geologia. Após a aprovação do registo provisório e pagamento das taxas envolvidas, o requerente dispõe de 120 dias para a instalação do equipamento e requerer o certificado de exploração através do SRM, com o qual se obtém a autorização entregar a energia a terceiros ou à rede pública (ECONOMIA, 2007).

Durante a inspecção realizada à instalação dos equipamentos de micro geração estes serão alvo de ensaios por forma a verificar os valores fixados no prEN50438, de Julho de 2005, relativamente ao máximo e mínimo de tensão, máximo e mínimo de frequência, *flicker* e harmónicas e outros que venham a ser definidos por despacho do director-geral de Energia e Geologia, previsto no n.º 3 do artigo 7.º do DL n.º 363/2007, de 2 de Novembro (ECONOMIA, 2007).

Em relação aos incentivos fiscais foi previsto no orçamento do estado para 2008 a dedução de cerca de 30% das importâncias despendidas com a aquisição de equipamentos novos para utilização de energias renováveis e de equipamentos para a produção de energia eléctrica e ou térmica (com potência até 100 kW), que consumam gás natural, incluindo equipamentos complementares indispensáveis ao seu funcionamento, até um máximo de 777€. Desta forma o tempo de amortização do equipamento através da dedução à colecta prevista baixará significativamente o período de amortização do mesmo (no caso da água quente solar em cerca de 2 a 3 anos), evitando consumos de gás e de electricidade e as consequentes emissões e poluição (ENERGIA, 2008).

### **2.5.2 Micro-rede**

Uma micro-rede é um conjunto de pequenos geradores localizados próximos uns dos outros. Esta fornece calor e/ou electricidade através das instalações existentes. Agregada a esta poderá depois ser criada uma rede de controlo e monitorização. Em analogia, uma micro-rede pode trabalhar como uma tecnologia de *peer-to-peer* de partilha de ficheiros, onde os conteúdos são disponibilizados e partilhados por uma rede de utilizadores (NEWS, 2005).

Neste tipo de redes podem encontrar-se diversos tipos de equipamentos de produção (PVs, células de combustível, Micro turbinas eólicas, etc.), armazenamento (volantes de inércia, baterias, etc.) e controlo (Inversores). O interface entre as micro-fontes e a rede eléctrica é feito pelos inversores. Estes inversores são os responsáveis pela qualidade da electricidade injectada na rede.



### **3 Estudo de implementação de soluções de microgeração em ambientes residenciais.**

No âmbito deste estudo serão propostos vários sistemas de aproveitamento de energias renováveis a implementar numa casa. Para cada sistema proposto será realizada uma análise de viabilidade técnico/económica, tendo em conta o custo de compra e de venda do kWh, bem como a eficiência e condições de funcionamento dos equipamentos. Para essa análise serão utilizados os dados meteorológicos fornecidos pela base de dados do software comercial *RETScreen*, que permite obter as médias diárias mensais das variáveis energéticas para cada tipo de sistema em estudo. Serão ainda utilizados os dados da estação meteorológica da Universidade de Aveiro, que contém as médias diárias mensais referente ao ano de 2007, bem como os valores médios para cada intervalo de 10 minutos de uma vasta quantidade de variáveis climatéricas, tais como a velocidade média horizontal do vento.

O software *RETScreen* é um código que permite a análise de projectos de energia limpa. É uma ferramenta de apoio à decisão, desenvolvida com a contribuição de diversos especialistas do governo, indústria e universidade. O código é um sistema *freeware* que pode ser usado universalmente para avaliar a produção e economia de energia, os custos durante o tempo de vida do sistema, a redução das emissões, análise financeira e de risco para vários tipos de tecnologias renováveis ou alternativas. Este software também inclui uma base de dados de produtos, custos e clima, bem como um manual de utilizador.

Para a utilização dos dados da estação meteorológica da Universidade de Aveiro foi feita uma aplicação desenvolvida em Visual Basic para a interpretação dos dados climáticos enviados remotamente da estação meteorológica da Universidade de Aveiro para um computador disponível no gabinete do responsável pela estação meteorológica (professora Maria de los Dolores Josefa Manso Orgaz). Os dados foram posteriormente disponibilizados numa página de internet dinâmica desenvolvida em *PHP*. O ficheiro recebido da estação meteorológica disponibiliza dados de temperatura, velocidade do vento e radiação solar. Na Figura 7 encontra-se uma imagem exemplificativa da página de internet dinâmica desenvolvida para a disponibilização de alguns dados climáticos na internet.

**Seleccionar Dia e Intervalo horário**

Ano	Dia	Hora Início	Hora Fim	OK
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="OK"/>

**Ultimos Valores Registrados**

Ano	Dia	Hora	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Rumo Vento (°)	Velocidade Vento a 30m (m/s)	Radiação (W/m2)
2008	21 de Fevereiro	1800	0	16,8	NW	1,7	81,8

Figura 7 - Página de internet dinâmica para disponibilização dos dados climáticos

### 3.1.1 Sistema micro-eólico

Para a análise do sistema micro-eólico serão consideradas as características de funcionamento, tais como a curva de potência e velocidade de arranque fornecidas pelos fabricantes. Esta análise será realizada para um período de 25 anos, mediante os resultados fornecidos pelo software comercial *RETScreen* e os resultados obtidos pelo modelo realizado com os dados da estação meteorológica da Universidade de Aveiro.

Devido à não linearidade das curvas de potência destes equipamentos e à necessidade de um valor mínimo da velocidade do vento para o início de produção de energia, a utilização dos dados mensais fornecidos pelo software *RETScreen* e pela estação meteorológica podem traduzir um erro elevado e comprometer a análise efectuada, por esta razão serão também utilizados os dados fornecidos pela estação meteorológica da Universidade de Aveiro obtidos em intervalos de 10 minutos, para uma comparação entre os dois métodos.

De seguida apresenta-se a metodologia utilizada para a realização do modelo desenvolvido para o estudo de viabilidade técnico-económica de diversos modelos de aerogeradores. Numa primeira fase são estudadas as características de alguns modelos de aerogeradores (Tabela 1).

**Tabela 1 - Modelos de micro-aerogeradores e suas características**

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potência Max. (W)</b>	<b>Tipo Corrente</b>	<b>Velocidade de arranque (m/s)</b>	<b>Preço (€)</b>
Ampair	Ampair 100	100	DC	3	913
Ampair	Ampair 600	1140	DC	3	1895
Southwest Windpower	Whisper 200	1000	DC	3,1	1835
Southwest Windpower	Whisper 100	900	DC	3,4	1518
Southwest Windpower	Skystream 3.7	2600	AC	3,5	3400
Eolienne Joliet	CYCLONE 1Kw	110	DC	2,5	n.d.

Para calcular a energia produzida pelos aerogeradores é feita uma aproximação da sua curva de potência através de um polinómio de ajuste. Para determinar a equação deste polinómio retiram-se as coordenadas de vários pontos da curva de potência, fornecida pelo fabricante (Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3 e Anexo 4) e procede-se a um ajuste polinomial. Para o efeito, recorreu-se a uma folha de cálculo com o intuito de determinar o grau do polinómio que permitisse o melhor ajuste aos referidos pontos fornecidos (Figura 8).



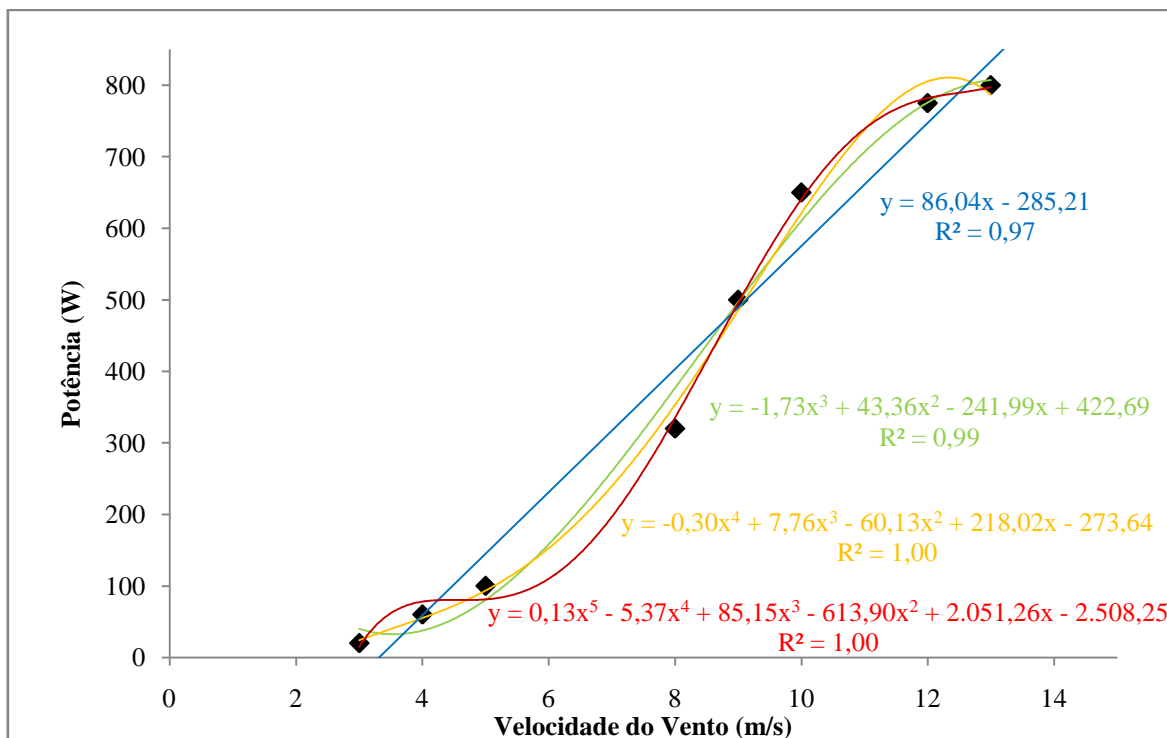


Figura 8 - Representação dos polinómios de ajuste à curva de potência do gerador eólico Ampair600

Para o cálculo da energia produzida por cada um dos modelos de gerador eólico em análise será utilizada a respectiva função polinomial de ajuste (Tabela 2), representativa da relação entre a potência instantânea e a velocidade do vento a 10 metros de altitude. Estes dados são provenientes da estação meteorológica da Universidade de Aveiro, os quais se encontram disponíveis para consulta na página de internet realizada (<http://ims.mec.ua.pt/meteo/central2.php>). Considera-se a altura de 10m como representativa da altura média de uma vivenda familiar.

Tabela 2 – Funções polinomiais de ajuste para os modelos estudados

Fabricante	Modelo	Polinómio
Ampair	Ampair 100	$P(W) = -0,26v^3 + 0,60v^2 + 4,34v - 18,23$
Ampair	Ampair 600	$P(W) = -1,73v^3 + 43,36v^2 - 241,99v + 422,69$
Southwest Windpower	Whisper 200	$P(W) = 0,22v^3 - 15,11v^2 + 298,14v - 860,97$
Southwest Windpower	Whisper 100	$P(W) = -0,62v^3 + 16,25v^2 - 42,84v - 41,62$
Southwest Windpower	Skystream 3.7	$P(W) = -0,01v^5 + 0,98v^4 - 29,59v^3 + 381,38v^2 - 1802,6v + 2842,8$
Eolienne Joliet	CYCLONE 1kW	$P(W) = -2,09v^3 + 60,31v^2 - 404,31v + 810$

Uma vez determinada a função de ajuste para cada modelo, e considerando a condição de que apenas é produzida efectivamente energia para velocidades de vento superiores à de arranque, característica do modelo, foram calculados os valores teóricos para a energia média diária produzida, bem como a respectiva estimativa de produção anual de cada modelo em análise (Tabela 3).

Para melhor ilustrar os valores obtidos apresenta-se, um cálculo exemplificativo da potência instantânea, neste caso para o modelo *Ampair600* e uma velocidade do vento de 4m/s:

$$P(W) = -1,73v^3 + 43,36v^2 - 231,99v + 420,69 = 37,84W$$

Considerando ainda o modelo de aerogerador *Ampair600*, com uma velocidade de arranque de cerca de 3m/s, e as velocidades médias dos ventos em intervalos de 10min, pode calcular-se a energia produzida durante esse intervalo de tempo. De seguida apresenta-se o cálculo da energia produzida por este aerogerador durante o intervalo e velocidade anteriormente referidos:

$$E(Wh) = P(W) \frac{1h}{6} = 6,31Wh$$

Aplicando os cálculos anteriores aos restantes valores da velocidade do vento disponíveis, e efectuando o seu somatório, é possível obter as estimativas para as médias diárias e anuais de energia produzida para cada um dos modelos analisados (Tabela 3).

**Tabela 3 - Energia média anual e estimativa anual dos vários modelos de geradores eólicos**

Fabricante	Modelo	Média Diária (kWh)	Estimativa Anual (kWh)
Ampair	Ampair 100	0,08	29,44
Ampair	Ampair 600	0,64	233,2
Southwest Windpower	Whisper 200	1,24	453,97
Southwest Windpower	Whisper 100	0,42	154,87
Southwest Windpower	Skystream 3.7	3,01	1099,64
Eolienne Joliet	CYCLONE 1Kw	1,31	478,42

A energia que estes aparelhos produzem pode ser utilizada directamente pelo produtor ou ser vendida e injectada na rede, sendo que a primeira opção tem associados outros custos adjacentes à necessidade de armazenamento de energia, por exemplo em baterias. A segunda opção reduz os custos de investimento, sendo o produtor ressarcido segundo o regime remuneratório regulamentado no DL n.º 363/2007 de 2 de Novembro, ou seja, o produtor é ressarcido segundo uma tarifa igual ao custo da energia do tarifário aplicável pelo vendedor de último recurso, do funcionamento à instalação de consumo, para o regime geral, ou segundo a aplicação de uma percentagem (70% para energia eólica) à tarifa de referência (650€ por MWh), para o regime bonificado (para uma potência instalada até 3,68 kW).

Para o presente estudo considerar-se que a vivenda encontra-se num local com ligação à rede eléctrica, pelo que não será contemplada a opção de armazenamento de energia, devido aos elevados custos de investimento associados. Na Tabela 4 encontra-se uma comparação entre as receitas da produção de cada um dos modelos segundo os dois regimes de microgeração contemplados na referida legislação, apresentando-se de seguida um cálculo exemplificativo.

**Tabela 4 - Comparação das receitas anuais segundo os regimes de microgeração**

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Receita anual regime geral (€)</b>	<b>Receita anual regime bonificado (€)</b>
Ampair	Ampair 100	3,33	13,71
Ampair	Ampair 600	25,75	106,11
Southwest Windpower	Whisper 200	50,12	206,56
Southwest Windpower	Whisper 100	17,1	70,47
Southwest Windpower	Skystream 3.7	121,4	500,34
Eolienne Joliet	CYCLONE 1Kw	52,82	217,68

Além dos custos associados à aquisição dos aerogeradores é necessário considerar também o custo do equipamento adicional necessário, como é o caso de um contador, uma estrutura de fixação e um inversor, entre outros. No caso das estruturas de fixação e inversores/reguladores foram tidos em conta modelos recomendados pelos fabricantes ((AMPAIR, 2008a), (LLC, 2008) e (ALPINESURVIVAL, 2008)). No caso dos contadores

foi considerado o contador orçamentado para uma solução de 3,68kW de PVs (Anexo 7). Na Tabela 5 encontra-se a lista dos equipamentos indispensáveis à instalação e custo associado.

**Tabela 5 - Acessórios necessários à montagem dos aerogeradores**

<b>Modelo aerogerador</b>	<b>Acessório</b>	<b>Preço (€)</b>	<b>Total Investimento (€)</b>
Ampair 100	Estrutura	274,50	2116,50
	Regulador/inversor	179,00	
	Contador	750,00	
Ampair 600	Estrutura	490,00	3954,00
	Regulador/inversor	819,00	
	Contador	750,00	
Whisper 100/200	Estrutura	250,00	3567/3884,00
	Regulador/inversor	1049,00	
	Contador	750,00	
Skystream 3.7	Estrutura	2479,00	6629,00
	Regulador/inversor	0,00	
	Contador	750,00	

Com os valores estimados das receitas pode-se determinar o retorno de investimento de cada um dos modelos segundo os dois regimes de microgeração, considerando a receita anual estimada anteriormente e o custo total dos equipamentos utilizados. O resultado das estimativas para o retorno do investimento para cada um dos modelos é apresentado na Tabela 6.

**Tabela 6 - Retorno de Investimento segundos os dois regimes de microgeração**

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Retorno do investimento R.Geral (anos)</b>	<b>Retorno do investimento R.Bonif (anos)</b>
Ampair	Ampair 100	1758,59*	426,7*
Ampair	Ampair 600	227,19*	55,12*
Southwest Windpower	Whisper 200	77,5*	18,8
Southwest Windpower	Whisper 100	208,62*	50,62*
Southwest Windpower	Skystream 3.7	54,6*	13,25

\*superior ao tempo do projecto

Nas análises anteriores não foi considerado o custo associado à instalação e manutenção dos equipamentos, uma vez que se conclui que para a zona do país analisada, Aveiro, a implementação dos aerogeradores não é rentável. Como principal motivo desta baixa rentabilidade encontra-se a elevada velocidade do vento necessária para que estes equipamentos comecem a produzir energia, limitando assim a exequibilidade das soluções eólicas preconizadas nos padrões de vento da região em estudo. Paralelamente ao estudo efectuado foi realizado o mesmo estudo recorrendo ao software comercial RETScreen que apresenta intervalos de dados meteorológicos superiores, tendo-se obtido conclusões semelhantes, tal como se pode verificar pela análise do Anexo 8, Anexo 9 e Anexo 10. Para a simulação efectuada em RETScreen foi utilizado um modelo de distribuição de velocidades do vento baseado no modelo de Rayleigh.

Além da instalação da tecnologia analisada em zonas geográficas com velocidades de vento superiores, existem outros factores que poderiam tornar esta tecnologia viável, tais como:

- redução dos custos da tecnologia;
- aumento do rendimento dos equipamentos utilizados;
- aumento do preço de compra da energia;

### 3.1.2 Sistema fotovoltaico (PV)

Para a análise deste tipo de sistema tem de ter-se em consideração a sua eficiência e a radiação média diária, uma vez que, como se pode verificar da análise das suas curvas de potência, Anexo 5 e Anexo 6, a relação entre a energia produzida e recebida é aproximadamente linear. Assim sendo, será considerado que o rendimento dos painéis solares não será afectado por factores climáticos. Desta forma recorreu-se aos dados dos fabricantes para a determinação dos rendimentos dos equipamentos e ao software *RETScreen* para obter a informação sobre a radiação solar média diária que incide sobre esta zona do país.

A análise efectuada considera uma duração dos equipamentos de cerca de 25 anos, uma inclinação dos painéis nula e condições de funcionamento óptimas, não sendo o funcionamento dos equipamentos influenciado por factores como a temperatura (coeficiente de temperatura e temperatura das células). Para este estudo foram considerados alguns modelos de painéis fotovoltaicos de silício monocristalino e rendimentos superiores a 14%. Na Tabela 7 encontram-se alguns modelos dos PVs estudados, bem como algumas das suas características mais importantes.

Tabela 7 - Alguns modelos de painéis fotovoltaicos estudados

Fabricante	Modelo	Área (m <sup>2</sup> )	Eficiência	Potência Max. (W)	Preço(€)
BP Solar	BP 7180 S	1,125	14,30%	180	810
BP Solar	BP 3210 N	1,460	13,80%	210	1137,5
SunPower	SPR 95	0,500	17,40%	95	607

Para o cálculo da energia produzida pelos painéis recorre-se então à média diária da radiação solar horizontal por unidade de área para calcular a quantidade de energia produzida, aplicando a percentagem correspondente à eficiência do painel. De seguida apresenta-se um exemplo do cálculo para a energia diária e anual produzida, considerando o modelo da BP Solar BP7180S e uma radiação horizontal média diária de 4,43 kWh/m<sup>2</sup>:

$$E_{dia} = Rad \times A \times \eta = 4,43 \times 1,125 \times 14,3\% = 0,71 kWh$$

$$E_{ano} = E_{dia} \times 365 = 260,11kWh$$

Os cálculos anteriores foram repetidos para os restantes modelos analisados, encontrando-se os resultados obtidos na Tabela 8.

**Tabela 8 - Produção de energia dos diversos modelos PV analisados**

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Energia Média Diária (kWh)</b>	<b>Energia Média Anual (kWh)</b>
BP Solar	BP 7180S	0,71	260,11
BP Solar	BP 3210 N	0,89	325,78
SunPower	SPR 95	0,39	140,67

Tal como para o sistema de micro - aerogeradores abordado anteriormente (secção 3.1.1), a energia produzida pelos painéis pode ser injectada na rede, sendo o produtor ressarcido segundo uma tarifa igual ao preço da energia contratada no regime geral, e ressarcido segundo uma tarifa igual à de referência (650€/MWh) no regime bonificado (instalações até 3,68kW). Na Tabela 9 encontra-se uma comparação entre as receitas anuais dos equipamentos segundo os dois regimes:

**Tabela 9 - Receita anual dos diversos equipamentos**

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Receita anual regime geral (€)</b>	<b>Receita anual regime bonificado (€)</b>
BP Solar	BP 7180S	28,716	169,07
BP Solar	BP 3210 N	35,97	211,77
SunPower	SPR 95	15,523	91,43

Além dos painéis solares fotovoltaicos é necessário adquirir outros equipamentos adicionais para a sua instalação. Destes equipamentos destacam-se os suportes para os painéis, um inversor e um contador. Na Tabela 10 encontra-se o preço dos equipamentos auxiliares aos painéis para uma configuração até 3,68 kW. O preço da estrutura de fixação

foi calculada por painel solar, tendo como base o preço de uma estrutura para 20 painéis com um custo total de 922,88€ (Anexo 7).

**Tabela 10 - Custo de equipamentos auxiliares aos painéis PV e instalação**

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Preço (€)</b>
SMA	SB 3300	Inversor com comunicação serie	2106,66
n.d.	n.d.	Caixa de Protecção	150
n.d.	n.d.	Estrutura fixação (p/ painel)	46,14
ACE	SL7000	Contador c/ com modem GSM	750
ffsolar	n.d.	instalação	1200

Sabendo então o investimento total necessário para cada modelo pode-se estimar o tempo de retorno do investimento. Na Tabela 11 é apresentada a análise do retorno do investimento para os dois tipos de regime de microgeração existentes actualmente em vigor.

**Tabela 11 - Análise do retorno do investimento segundo os dois regimes de microgeração**

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>nº de módulos</b>	<b>custo equip (€)</b>	<b>Custo instalação (€)</b>	<b>Energia Produzida (kWh)</b>	<b>Retorno R. Geral (Anos)</b>	<b>Retorno R. Bonif. (Anos)</b>
BP Solar	BP 7180S	20	20129,54	1200	5202,18	37,14	6,31
BP Solar	BP 3210 N	17	23128,608	1200	5538,54	39,79	6,76
SunPower	SPR 95	38	27826,132	1200	5345,27	49,19	8,35

Segundo informação dos respectivos fabricantes, todos os equipamentos analisados neste trabalho apresentam uma durabilidade de 25 anos, pelo que facilmente se conclui que estes equipamentos apenas são rentáveis se forem utilizados para a produção de energia segundo o regime bonificado previsto no DL n.º 363/2007 de 2 de Novembro, e se as tarifas de referência forem praticadas durante um período superior a 6 anos. De referir que não foi tido em conta no estudo a taxa de actualização de energia. No entanto e face à tendência actual de aumento do preço dos combustíveis fósseis, a consideração de uma taxa de actualização dos preços de energia poderia contribuir para promover a viabilidade técnico-económica da utilização de energias renováveis para a produção descentralizada de energia eléctrica.



O modelo desenvolvido para o cálculo dos resultados obtidos apresenta conclusões semelhantes às obtidas pela análise realizada no software comercial *RETScreen* (Anexo 11), concluindo-se que as simplificações utilizadas neste modelo não põem em causa a validade dos resultados obtidos.

## 4 Tecnologias de suporte

Na definição de uma solução de melhoria de eficiência energética para aplicação residencial não é suficiente a selecção optimizada e implementação de sistemas de microgeração. A análise do desempenho dos mais variados equipamentos de conversão e gestão energética, desde os sistemas de aquecimento de águas sanitárias aos simples estores de sombreamento, a constante monitorização dos parâmetros associados (temperatura, humidade, pressão de ar, etc.) e parâmetros intervenientes (temperatura exterior, nível de exposição solar, velocidade do vento, etc.), e eficiente controlo dos sistemas funcionais assume vital importância na definição de um sistema integrado de gestão optimizada e autónoma de energia.

Com vista à implementação de um sistema de monitorização e controlo diversas tecnologias foram analisadas para o desenvolvimento do sistema. Na secção corrente serão abordadas diversos protocolos existentes para possibilitar a comunicação entre equipamentos com diversas funcionalidades e suportes de comunicação. Os protocolos e equipamentos analisados encontram-se de acordo com o modelo OSI (*Open Systems interconnection*).

O modelo OSI foi criado pela ISO (*International Standards Organization*) como resposta ao aumento do número de arquitecturas de comunicação proprietárias e específicas de um determinado fabricante. Este é um modelo de referência através do qual outros podem ser criados. O modelo OSI foi originalmente desenvolvido para ser uma especificação detalhada de um interface abstracto, não é mais do que uma descrição ou modelo de referência do modo como a informação deve ser transmitida entre dois equipamentos numa rede, independentemente do hardware utilizado.

Este modelo está organizado em sete camadas (Figura 9), onde:

- **Camada de Aplicação:** camada responsável pelo suporte às aplicações do utilizador, tanto do lado do emissor como do receptor. Serviços de transferência de ficheiros (FTP), correio electrónico são alguns exemplos de serviços disponibilizados por bibliotecas desta camada;

- **Camada de apresentação** - camada responsável pela negociação da *semântica* que o emissor e o receptor utilizarão nas mensagens a transmitir;
- **Camada de sessão** - camada que gere a transferência organizada da informação, desde o modo como se processa, diálogo utilizado e sincronização necessária ao reenvio de mensagens perdidas;
- **Camada de transporte** - camada que proporciona o interface entre as três camadas superiores e as três inferiores, isolando o utilizador dos aspectos funcionais e físicos da rede. Garante, ainda, a retransmissão de fragmentos da mensagem em caso de erro. Estabelecendo uma ligação virtual com a sua homóloga no receptor. Os protocolos desta camada permitem definir o tipo de aplicações que devem processar estas mensagens no computador de destino (*TCP port number*). Por exemplo, as mensagens destinadas à porta 80 devem ser processadas por um servidor Web, ao passo que as mensagens destinadas a porta 465 devem ser processadas por um servidor de correio electrónico (*SMTP*);
- **Camada de rede** - os protocolos desta camada são responsáveis pelo encaminhamento das mensagens, das camadas superiores, desde o equipamento emissor até ao equipamento receptor, passando por todos os pontos intermédios (por exemplo *routers*);
- **Camada de ligação de dados** - usualmente os protocolos desta camada são implementados pelas placas de rede (*firmware*) e são responsáveis pelo acesso e partilha do meio de transmissão pelos vários equipamentos a ele ligados. Estes protocolos podem nalguns casos retransmitir os dados em caso de erro;
- **Camada física** - camada que define as características físicas da ligação, nomeadamente, o meio de transmissão, o tipo de sinais que todos os equipamentos deverão respeitar para que se possa efectuar uma transferência de dados.

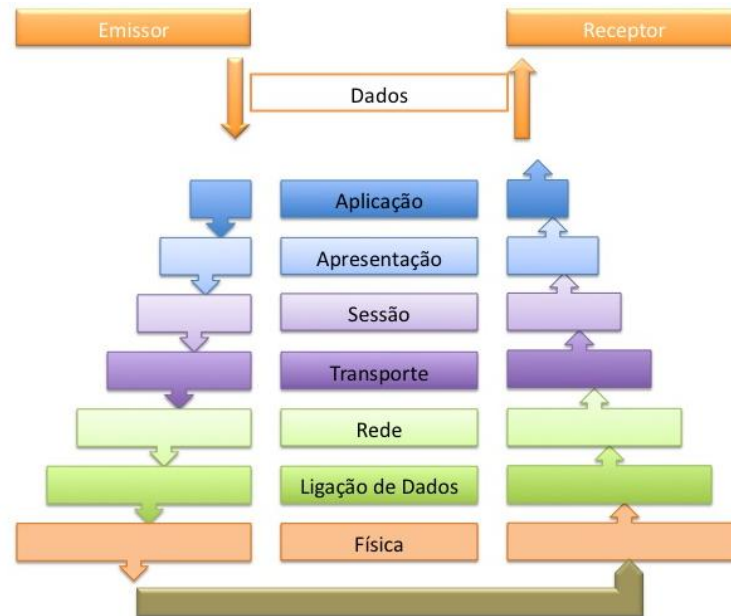


Figura 9 - Camadas do modelo OSI

#### 4.1 Protocolos de camada física e/ou de ligação de dados

Tal como referido anteriormente serão abordados diversos protocolos de comunicação tendo em vista a sua implementação no sistema de monitorização e controlo. De seguida serão abordados as diversas características dos protocolos Rs-232, Rs-485, Ethernet, CAN, Modbus, I<sup>2</sup>C, 1-Wire

##### 4.1.1 Protocolo de comunicação Rs-232

O protocolo Rs-232 foi desenvolvido em 1962 pela EIA (*Electronic Industries Association*) para permitir a comunicação entre um computador e um modem, encontrando-se actualmente disponível para muitas outras ligações. Este padrão sofreu algumas revisões desde então, sendo a sua última, a Rs-232-F, sido feita em 1997. Como qualquer outro dispositivo de transmissão em série, os bits são enviados um a um, sequencialmente, e normalmente com o bit menos significativo primeiro (*LSB*). Por ser um protocolo assíncrono, ou seja, sem uma linha de *clock*, é da responsabilidade do emissor e

do receptor conhecerem os respectivos ciclos de tempo para saber quando cada bit é iniciado e finalizado.

Na sua forma padrão, o RS-232 usa dois sinais de controlo, o RTS (*Ready To Send*) e o CTS (*Clear To Send*) para efectuar o controlo do fluxo por hardware. Basicamente, quando o emissor deseja começar a enviar, o pino RTS é sinalizado para tal. O receptor, ao perceber que o emissor quer enviar dados prepara-se para receber estes colocando o pino CTS no nível alto confirmando o envio (*Acknowledge*). Só depois de receber o sinal do CTS, o emissor pode começar a transmitir.

O padrão Rs-232 define as características eléctricas, mecânicas e funcionais permitidas. O Rs-232 é uma comunicação assíncrona, ponto-a-ponto, não balanceada, sendo os sinais transmitidos com tensões mínimas de  $\pm 5V$ . A taxa de transmissão e extensão máxima da linha não são definidos, sendo normalmente utilizadas taxas de transmissão até 115200 bits/s e a capacitância da linha não deve exceder os 2500pF (STEVE MACKAY, 2004).

De acordo com este padrão são utilizados 7 ou 8 bits de dados, um *start* bit para o início da palavra série e um ou dois para terminar a mesma. Além destes bits podem ser incluídos bits para controlo de erros (bit de paridade) e controlo de fluxo por hardware ou software.

A ligação entre dispositivos é normalmente feita através de cabos com conectores DB-25 ou DB-9, sendo este último mais utilizado actualmente. Na Figura 10 é visível a ligação entre 2 dispositivos, para os dois tipos de conectores referenciados.

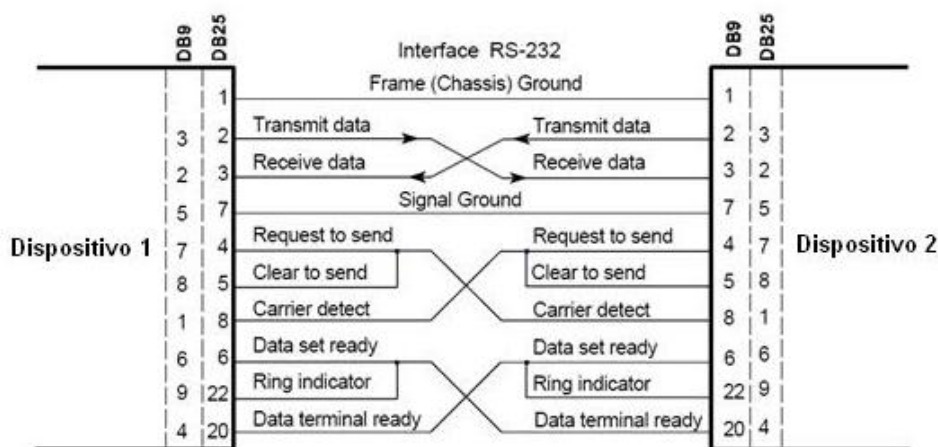


Figura 10 - Ligação Rs-232 entre um computador e um terminal

Hoje em dia, o padrão de comunicação RS-232 está a ser gradualmente substituído pelo padrão USB para comunicação local uma vez que o USB é mais rápido, possui conectores mais simples de usar e tem um melhor suporte por software. Por esta razão é usual que a maior parte dos dispositivos recentes apresente múltiplas conexões USB e nenhuma Rs-232. Mesmo assim, a ligação Rs-232 continua a ser muito utilizada em dispositivos para pontos de venda (caixas registadoras, leitores de códigos de barra ou fita magnética) e para a área industrial (dispositivos de controlo remoto). Por estas razões, os computadores para este fim continuam a ser produzidos com portas RS-232, tanto *on-board* como em placas para barramento PCI ou barramento ISA. Como alternativa, existem adaptadores para portas USB, que podem ser utilizados para fazer a conversão de uma porta USB para Rs-232.

#### **4.1.2 Protocolo de comunicação Rs-485**

O Protocolo de comunicação Rs-485 (ou EIA-485) define as características eléctricas da camada física do modelo OSI para uma comunicação série e multiponto. Este protocolo de comunicação recorre à diferença de tensões entre os condutores para transmitir os dados de uma forma diferencial. Uma diferença de potencial negativa define um “1” lógico, enquanto que uma diferença de potencial positiva define um “0”. Para o reconhecimento de um impulso é necessário apenas uma diferença de potencial de 0,2 Volts, sendo no entanto reconhecidos valores entre  $\pm 1,5V$  e  $\pm 6V$  (SMITH, 2008).

Este protocolo apenas define as características eléctricas do emissor e receptor, não definindo nem recomendado nenhum protocolo da camada de ligação de dados do modelo OSI. Utilizando este protocolo pode-se obter redes locais a um baixo custo com capacidade de comunicação com diversos equipamentos ligados à mesma linha. Uma vez que é utilizada uma linha diferencial balanceada através de um par de condutores entrançados (para anular a interferência electromagnética) são permitidas distâncias de comunicação elevadas (até cerca de 1200 metros), que podem ser aumentadas utilizando dispositivos repetidores de sinal. Para evitar reflexões provocadas aos terminais dos diversos dispositivos ligados à linha e possível corrupção dos dados, é comum a utilização de

resistências nos terminais dos condutores. O valor de cada uma destas resistências deve ser igual ao valor da impedância dos condutores  $120\Omega$  (SMETHURST, 2007).

Embora não defina nem recomende nenhum protocolo da camada de ligação de dados, do modelo *OSI*, o RS-485 é normalmente utilizado em comunicações mestre - escravo, tais como o protocolo ModBus, e comunicações full-duplex, sendo necessário para o efeito dois pares de conectores.

Na Figura 11 encontra-se um exemplo do envio de dados numa comunicação Rs-485. A mensagem começa com um *start bit* e termina com um ou dois *stop bits*. As linhas interrompidas verticais representam os tempos de transmissão de um bit. Assim, no exemplo apresentado na Figura 11 é enviado um número binário “11001011”, que representa o número decimal “203”.

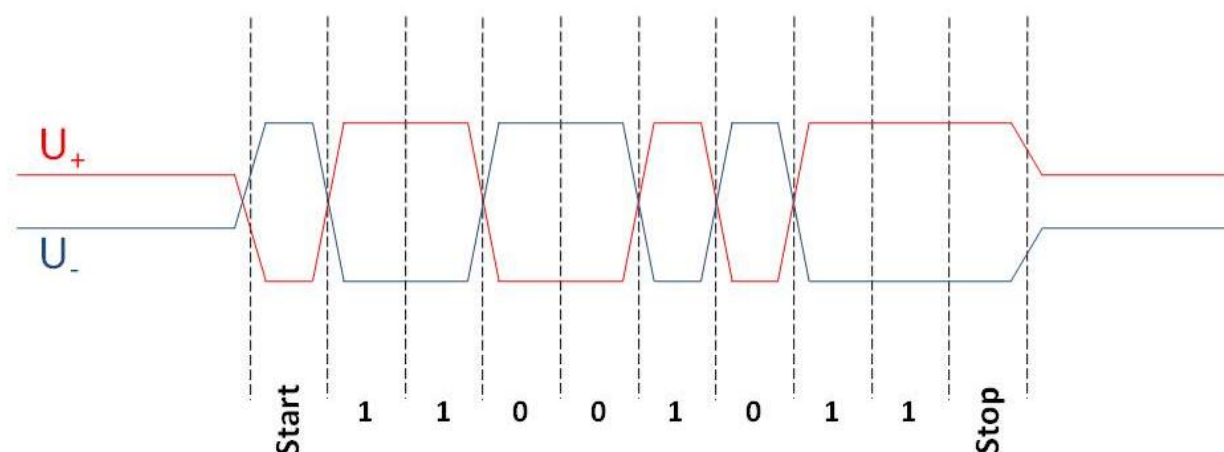


Figura 11 - Exemplo da transmissão de dados por RS-485

A figura seguinte apresenta um conversor Rs-232/Rs-485 (Figura 12). Tal como se pode observar nesta os protocolos Rs-485 e Rs-232 são em tudo idênticos, excepto no tipo de sinais eléctricos presentes nos condutores (STEVE MACKAY, 2004).

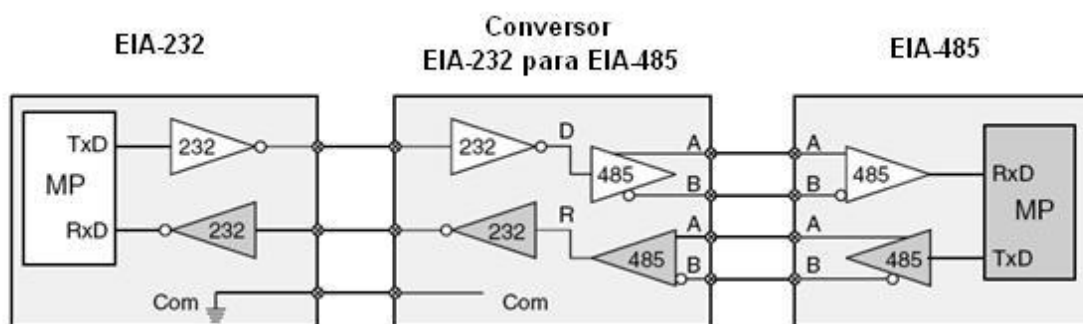


Figura 12 - Conversor Rs-232/Rs-485

#### 4.1.3 Protocolo de comunicação Ethernet

Em 1973, os investigadores Bob Metcalfe e David Boggs, da *Xerox Corporation's, Palo Alto Research Center* (mais conhecido como *PARC*), criaram e testaram a primeira rede Ethernet. *Metcalfe* tentava conectar um computador (“Alto”) da Xerox a uma impressora e acabou por desenvolver um método físico de cablagem que conectava os dispositivos na Ethernet. Desde então, a Ethernet tornou-se a tecnologia de rede mais popular do mundo (PIDGEON, 2008).

Com o desenvolvimento das redes, o padrão Ethernet cresceu para agregar novas tecnologias, mantendo-se os mecanismos de operação de todas as redes Ethernet actuais baseados no sistema original de *Metcalfe*. O conceito original de Ethernet é descrito pela partilha de um único cabo por todos os dispositivos a ele ligados. Uma vez que o dispositivo está conectado a esse cabo, ele tem a capacidade de comunicar com qualquer outro dispositivo. Isso permite que a rede se expanda para acomodar novos dispositivos sem necessidade de modificar dispositivos antigos já existentes na rede (PIDGEON, 2008).

O protocolo Ethernet implementa as funcionalidades previstas na camada física e na sub - camada MAC do modelo OSI. As ligações físicas são normalmente estabelecidas entre nós e/ou dispositivos da infra-estrutura (concentradores, comutadores, routers) por vários tipos de linhas conectoras de como por exemplo cobre, cabo coaxial e fibra óptica.

O tamanho máximo de um pacote é de 1526 bytes. Como limite mínimo, nos casos em que as camadas superiores enviam um PDU (*protocol data unit*) inferior a 64 bytes, o



padrão 802.3 preenche o campo de dados até perfazer os 64 bytes mínimos (STEVE MACKAY, 2004).

Os protocolos ISO/IEC 802-3 e ANSI/IEEE 802.3 definem os quadros da sub - camada MAC, sendo composta pelos campos de endereço de destino, de endereço de origem, de tamanho/tipo, de dados e das sequências de controlo (FCS). O preâmbulo e delimitador de início do quadro (SFD) são considerados como sendo o cabeçalho de um quadro MAC.

As redes locais Ethernet (LAN) operam normalmente num mesmo edifício e conectam dispositivos relativamente próximos. No início, a distância máxima permitida entre dispositivos conectados à mesma rede era de apenas algumas centenas de metros, tornando difícil conectar locais geograficamente remotos. No entanto, os avanços recentes da tecnologia permitiram aumentar essas distâncias, e as redes Ethernet actuais podem cobrir dezenas de quilómetros (PIDGEON, 2008). Embora o seu uso principal seja as redes locais, esta ligação física permite a implementação de um vasto número de protocolos, tais como TCP/IP, Modbus, CAN, entre outros.

#### **4.1.4 Protocolo de comunicação CAN**

O protocolo CAN (*Controller Area Network*) foi desenvolvida na década de oitenta por Robert Bosch GmbH para interconexão entre dispositivos de controlo em automóveis, mas em poucos anos esta tecnologia migrou para outras áreas. Este protocolo define apenas a ligação física e o controlo do acesso ao meio de transmissão (ligação de dados).

Uma rede CAN é composta por um grupo de nós onde cada nó pode comunicar com qualquer outro da rede. A comunicação é suportada por quadros robustos denominados por mensagens. O protocolo CAN faz uso do CSMA/CD-CR (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection and Collision Resolution*), ou seja, cada nó antes de enviar informação para a rede, “escuta” o que se passa na rede, e se eventualmente esta estiver livre, então coloca a sua mensagem na rede. Se dois ou mais nós tentarem simultaneamente colocar informação na rede, ocorre uma colisão. Ambos os nós detectam

a colisão e esperam um tempo aleatório até voltar a transmitir. Na Figura 13 encontra-se um esquema exemplificativo de uma ligação de duas estações a um mesmo barramento CAN.

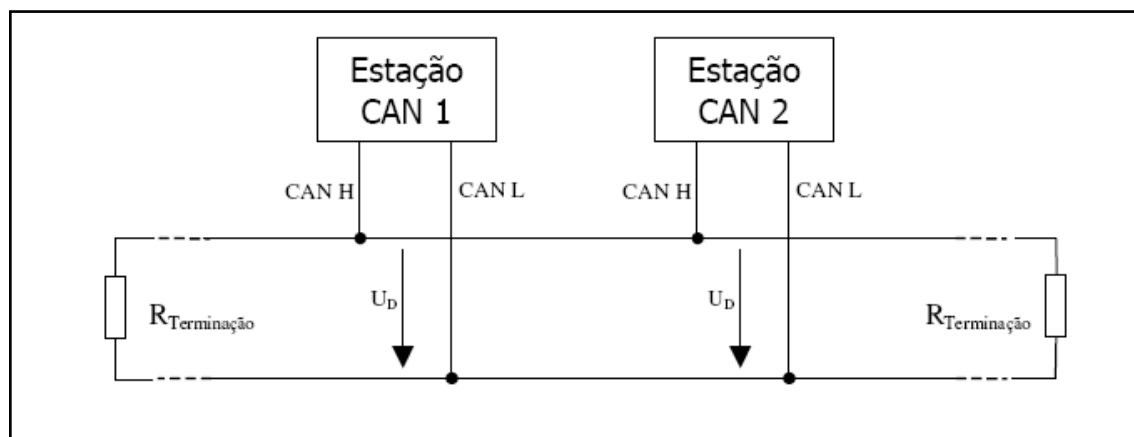


Figura 13 - Esquema de ligação do CAN barramento

Outros protocolos, utilizando esta forma de ligação, foram desenvolvidos para automação de instalações fabris, aplicações na área de domótica e para aplicações em instrumentação (RAFAEL VIEIRA DE SOUSA, 2006). A crescente popularidade de aplicações com CAN em sistemas de automação e controlo é sustentada, entre outros factores, por este possuir, em relação a outros padrões, características muito próprias para tais sistemas, das quais se destacam:

- a possibilidade de configurações para operar com taxas de comunicação de poucos kbit/s até 1 Mbit/s;
- a comunicação de dados utilizando dois fios, que reduz o custo e complexidade da implementação física, e promove protecção a interferências electromagnéticas;
- o tamanho de dados por quadro optimizado, que permite a transmissão de dados comuns a dispositivos de sistemas de controlo e com pequeno tempo de inactividade para cada dispositivo;
- a utilização de um método de arbitragem para acesso ao meio para transmissão de dados que evita colisões e permite uma resposta rápida à necessidade de transmissão;

- a possibilidade de implementação de rede com comunicação ponto a ponto (entre dois dispositivos), por multidifusão (de um dispositivo para um grupo de dispositivos) ou por difusão (de um para todos dispositivos);
- os mecanismos de identificação de erros e de tolerância a faltas que permitem a implementação de redes bastante robustas;
- a flexibilidade para adição, remoção e mudanças de dispositivos, que favorecem operações de manutenção e alterações no sistema.

O crescimento de aplicações baseadas em CAN tem levado ao aparecimento de novos produtos para este protocolo, nomeadamente circuitos integrados semicondutores (CI's) para CAN, com características diversas para diferentes aplicações. Hoje em dia existe em elevado número de semicondutores controladores do protocolo e a grande parte fabricantes de semicondutores fabrica dispositivos com este protocolo. Até aos dias de hoje foram vendidos vários milhões de sensores, actuadores, terminais computacionais e outros tipos de sistemas computacionais com implementação do protocolo CAN (RAFAEL VIEIRA DE SOUSA, 2006). Estes dados justificam o optimismo encontrado na literatura em relação ao CAN, e possibilitam a ampliação do seu uso e, conseqüentemente, o aumento da disponibilidade de componentes no mercado a um custo baixo, inclusive de ferramentas e de serviços de avaliação e de desenvolvimento para aplicação em projectos, apesar da sofisticada tecnologia inerente a este protocolo.

O protocolo CAN foi normalizado internacionalmente e documentado na ISO (*International Standards Organization*) 11898 para aplicações de alta velocidade, e ISO 11519 para aplicações de baixa velocidade. Apresenta uma camada física e uma camada de ligação de dados de acordo com o modelo de referência para desenvolvimento de redes computacionais OSI (*Open Systems Interconnection*).

A comunicação numa rede com protocolo CAN é baseada em mensagens que são transportadas em quadros de bits, que por sua vez são formadas por campos, que são conjuntos de bits com determinada função no quadro. A Figura 14 ilustra uma mensagem CAN e dois tipos de quadro de dados do CAN formado por campos de bits.

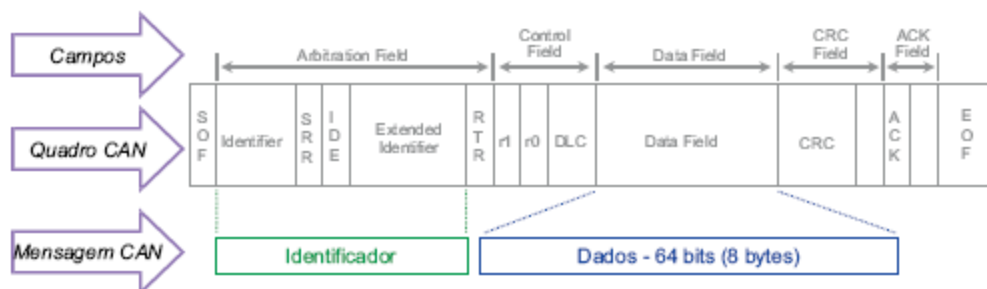


Figura 14 - Quadros de uma mensagem CAN

A comunicação CAN permite a atribuição de diferentes graus de prioridades a cada mensagem. A mensagem transmitida com um grau de prioridade inferior será preferida relativamente a outras mensagens de prioridade superior, sendo que os nós que transmitam a mensagem de prioridade inferior detectam o envio da mensagem de elevada prioridade e esperam até poderem enviar de novo a mensagem.

Uma rede CAN pode ser configurada para operar segundo dois formatos de mensagens: o *Standard* CAN (ou CAN 2.0A), e o *Extended* CAN (ou CAN 2.0B). A única diferença entre eles é que o campo de identificador do primeiro suporta um comprimento de 11 bits, enquanto o segundo suporta 29 bits. A informação sobre o formato utilizado é transmitida no bit IDE, que sendo dominante (0) a mensagem tem um identificador de 11 bits, e sendo recessivo (1) a mensagem tem um identificador de 29 bits. Os controladores *Extended* CAN suportam também mensagens com identificadores de 11 bits. Todos os quadros da mensagem começam com um bit *start-of-frame* (SOF).

#### 4.1.5 Protocolo de comunicação I<sup>2</sup>C

O protocolo I<sup>2</sup>C foi criado pela empresa Philips em meados de 1996 como forma de agilizar a comunicação entre os circuitos integrados usados nos televisores e rádios. Esse protocolo definiu as ligações físicas entre dispositivos, utilizando apenas um par de condutores, reduzindo-se assim o número de pistas nas placas de circuito impresso e também o número de pinos exigidos ao microcontrolador e/ou microprocessador. Actualmente este protocolo está amplamente difundido e interconecta uma ampla gama de dispositivos electrónicos, tais como telemóveis, televisores, leitores de música, etc.

Existem diversas vantagens associadas aos dispositivos que utilizam o protocolo I<sup>2</sup>C, das quais se destacam:

- os esquemas electrónicos apresentam uma organização funcional em blocos, providenciando um simples diagrama esquemático final;
- o endereçamento e protocolo de transferência de dados é totalmente definido via software;
- a possibilidade de ligação de vários dispositivos a um mesmo barramento, uma vez que a comunicação é multiponto;
- um desenvolvimento do software simplificado através do uso de bibliotecas e módulos de software reutilizáveis;
- a facilidade no desenvolvimento de placas de circuito impresso, devido à reduzida quantidade de interconexões necessárias.

No entanto, tal como todos os protocolos, este possui algumas limitações, entre as quais se salientam:

- apresenta uma baixa imunidade ao ruído;
- apresenta um curto alcance quando utilizadas taxas de transmissão elevadas (ESACADEMY, 2000).

Tal como referido anteriormente, este protocolo utiliza apenas um par de condutores para a comunicação: o SCL (*Serial Clock*), responsável por transmitir o sinal de *clock* (relógio) e o SDA (*Serial Data*), que envia e recebe os dados. A comunicação entre dispositivos é realizada numa estrutura mestre - escravo, podendo num mesmo barramento coexistir diversos mestres e diversos escravos.

Cada dispositivo que utiliza este protocolo possui uma identificação (ID), que é um endereço único de acesso. Neste caso um dispositivo de armazenamento de dados (EEPROM), por exemplo, possui um endereço diferente de um relógio de tempo real (RTC). De acordo com esta característica é possível ter uma rede de dispositivos com as mais diversas funções operando num mesmo barramento com apenas dois fios. Na Figura 15, encontra-se um exemplo esquemático de uma ligação entre dispositivos utilizando este protocolo.

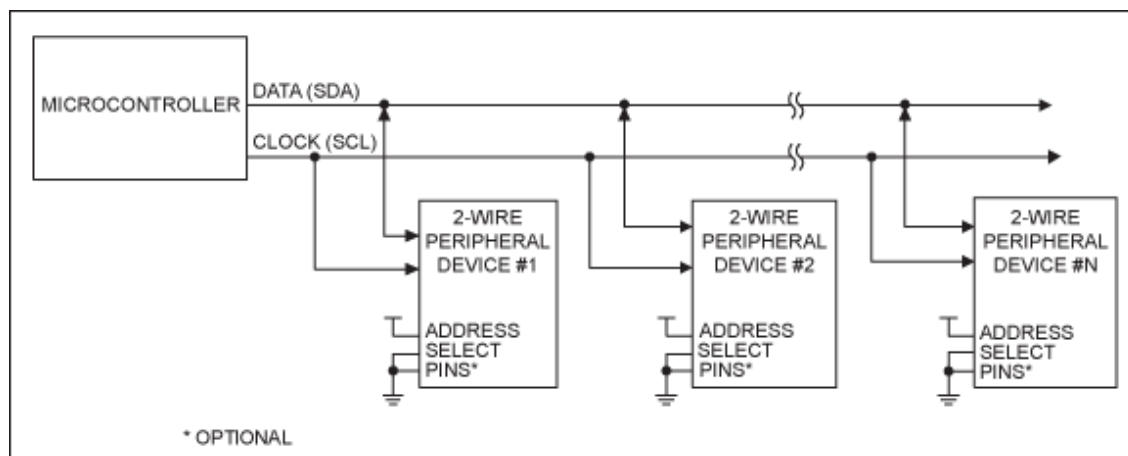
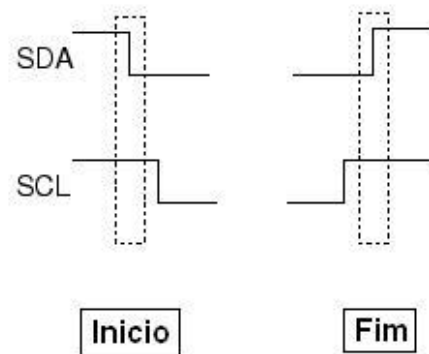


Figura 15 - Exemplo de uma ligação entre dispositivos I<sup>2</sup>C (IC, 2007)

Para a comunicação entre dispositivos I<sup>2</sup>C existem diversos parâmetros a definir, entre eles os níveis lógicos, a validação dos dados e as condições iniciais e finais da mensagem:

- **Níveis lógicos** - como o protocolo de comunicação I<sup>2</sup>C aceita uma ampla gama de métodos de fabricação para os seus dispositivos (CMOS, NMOS, Bipolar, etc.) os níveis lógicos alto e baixo não possuem valores pré-estabelecidos, dependendo directamente da tensão de alimentação;
- **Bits de endereçamento e R/W** - os bits de endereçamento (7 ou 10 bits) são utilizados para definir com que escravo o mestre pretende comunicar, sendo sempre seguidos de um oitavo/décimo primeiro bit (R/W) que define se o mestre pretende escrever (valor lógico 0) ou ler (valor lógico 1) os registos do escravo;
- **Validação dos dados** - no final da transmissão de cada byte de dados ou endereço o escravo envia um sinal de validação dos dados ao mestre. Este sinal é denominado acknowledge (ACK) e informa o mestre se a informação foi bem recebida. O mestre também envia sinais ACK ao escravo, de forma a informar se recebeu a informação correctamente.
- **Condições Iniciais e Finais da mensagem** - o início e fim de transmissão são identificados por uma variação de tensão da linha SDA enquanto a linha de *clock* se

mantém em nível alto. Quando a tensão da linha SDA passa a nível baixo indica o início de uma mensagem. Por sua vez, quando a linha SDA passa a nível alto indica o fim da mensagem. Durante a transmissão da mensagem o sinal de dados não pode variar enquanto o sinal de clock estiver em nível alto. Estas transições encontram-se exemplificadas na Figura 16.



**Figura 16 - Exemplo das condições de início e fim de mensagem**

O procedimento de comunicação do protocolo I<sup>2</sup>C é extremamente simples, podendo ser descrito pelas seguintes etapas:

1. o dispositivo mestre gera a condição inicial (Início);
2. o dispositivo mestre envia os bits de endereçamento;
3. o dispositivo mestre envia o bit R/W;
4. o dispositivo escravo envia o sinal de ACK;
5. o dispositivo mestre (ou escravo) envia pacotes de 8 bits de dados, sempre seguidos e um sinal ACK enviado pelo dispositivo escravo (ou mestre) confirmando a recepção;
6. O dispositivo mestre encerra a comunicação (Fim).

#### **4.1.6 Protocolo de comunicação 1-Wire**

A tecnologia 1-Wire consiste num protocolo de comunicação série que utiliza um único condutor para a comunicação de dados e outro condutor para a tensão de referência. A comunicação entre dispositivos 1-Wire é feita segundo uma comunicação do tipo

mestre-escravo (Figura 17), sendo que o dispositivo mestre inicia e controla a comunicação entre este e um ou mais dispositivos escravos conectados ao barramento. Cada dispositivo escravo contém um endereço de 64 bits, único e inalterável, que é utilizado para a sua identificação no barramento. Tipicamente estes dispositivos carecem de uma entrada reservada para a sua alimentação, retirando a energia necessária do próprio barramento (IC, 2008b).

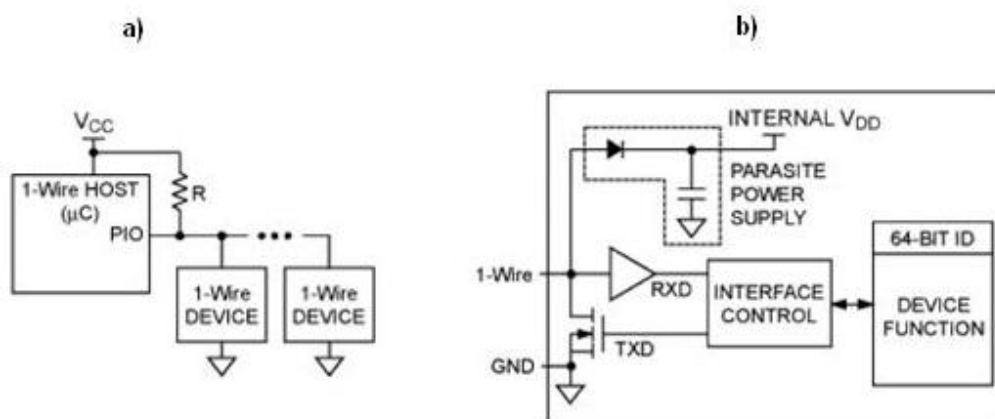


Figura 17 – a) disposição de dispositivos 1-Wire; b) composição (IC, 2008c)

Actualmente existem diversos dispositivos 1-Wire no mercado, com diferentes funcionalidades. Após a selecção dos produtos 1-wire a utilizar é necessário escolher um circuito mestre. Entre as diversas opções para este circuito, os microcontroladores constituem obviamente a melhor solução para esta função. Sendo posteriormente necessário a programação destes para a comunicação com os diversos escravos.

A comunicação é iniciada através do envio de uma mensagem *reset* pelo mestre, colocando a linha de dados a 0V durante 480µs, obrigando assim todos os escravos presentes a desligarem-se. Após o *reset*, todos os escravos anunciam a sua presença através do envio de um impulso de duração de 60µs. Tal como em outras tecnologias, a transmissão de dados é feita através de sinais lógicos de valor “0” ou “1”. Neste protocolo a linha de dados será colocada no nível de tensão baixo durante um intervalo até 15µs para o envio de um “1” e de 60µ para o envio de um “0” (WIKIPÉDIA, 2008a). Na Figura 18 apresenta-se um exemplo de uma comunicação 1-wire, para o *reset*, o envio e a recepção de dados.



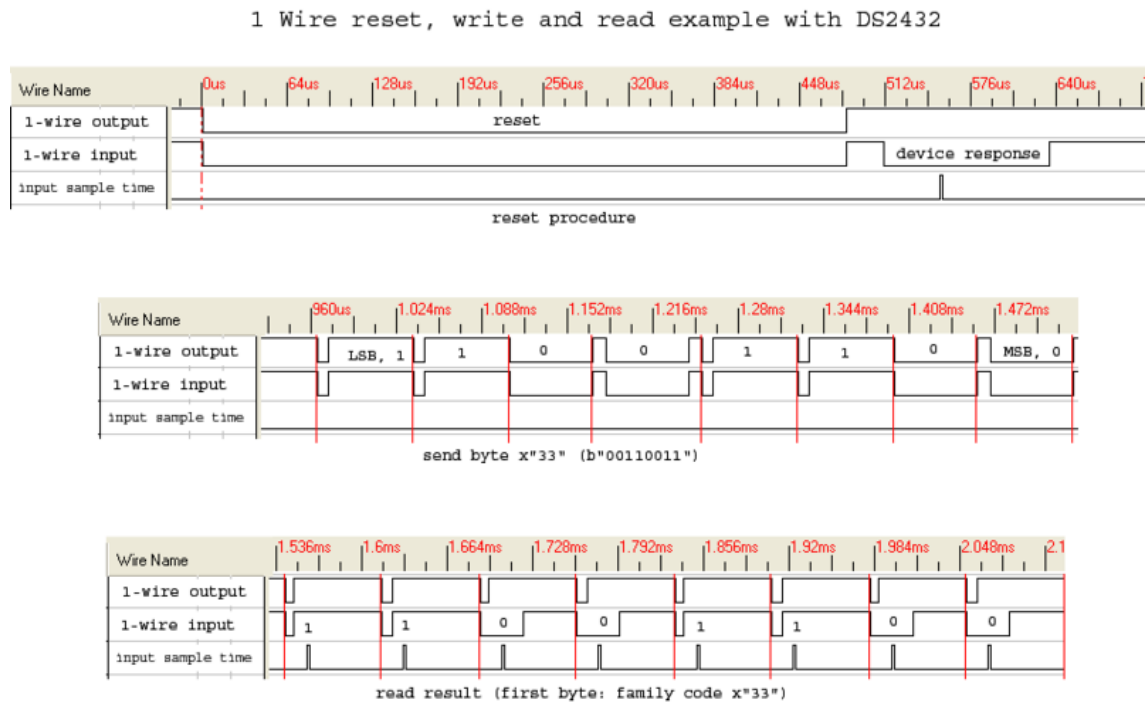


Figura 18- Exemplo duma comunicação 1-Wire (FRANKBUSS, 2006)

4.1.7 Protocolo de comunicação ModBus

O protocolo *ModBus* é um protocolo de transmissão “público” muito popular, presente em cerca de 40% dos sistemas de comunicação industriais, o que se traduz numa vasta variedade de produtos disponíveis a utilizar este padrão, com capacidade de interligação entre si e a preços reduzidos.

Este protocolo actua na camada de ligação de dados do modelo *OSI*, e ao contrário de outros protocolos, o *ModBus* não tem uma interface física definida, sendo possível utilizá-lo tanto numa interface série como numa interface Ethernet ou de rádio - frequência.

Este protocolo funciona segundo um mecanismo mestre-escravo, onde a estação mestre envia mensagens solicitando dos escravos que enviem os dados lidos pela instrumentação ou envia sinais a serem escritos nas saídas para o controlo dos actuadores. O protocolo possui comandos para envio ou recepção de dados discretos (digitais) ou registos (analógicos).

O *ModBus* define uma estrutura de mensagem composta por diversos campos (Figura 19): Endereço (endereço do escravo), comando (comando da operação, Tabela 12), identificação dos registos a ler no escravo (valor correspondente à localização na memória), n.º de registos, e *CRC* (verificação de redundância cíclica) para controlo de erros.

Endereço	Comando	ID Registos	N.º de Registos	CRC
1 Byte	1 Byte	2 Bytes	2 Bytes	2 Bytes

Figura 19 - Estrutura mensagem *ModBus*

Tabela 12 - Comandos utilizados pelo protocolo *ModBus*

Comando	Descrição
01	Lê um número variável de saídas digitais
02	Lê um número variável de entradas digitais
03	Lê um número variável de registos retentivos
04	Lê um número variável de registos de entrada
05	Altera uma única saída digital
06	Altera um único registo (altera o estado de uma saída analógica)
07	Lê excepções (registos de erro)
08	Várias funções de diagnóstico
15	Altera uma quantidade variável de saídas digitais
16	Altera uma quantidade variável de registos (saídas analógicas)

Após o envio de uma mensagem por parte do mestre, o escravo responde com uma mensagem constituída pelo endereço do escravo, código da função desejada, conteúdo da resposta e controlo de erros. Podemos por isso dizer que este protocolo trabalha em modo confirmado.

## 4.2 Dispositivos de monitorização e controlo

Além dos protocolos a utilizar é necessário fazer uma análise sobre diversos equipamentos a serem integrados no sistema de monitorização e controlo. Como exemplos

destes equipamentos serão abordados os microcontroladores, autómatos, computador pessoal, actuadores e sensores/transdutores.

#### 4.2.1 Microcontrolador (PIC)

Um microcontrolador (também denominado MCU ou  $\mu C$ ) é um circuito integrado (CI) que contém um processador, memória e funções de entrada/saída. É um microprocessador que enfatiza a alta integração, em contraste com os microprocessadores de uso geral (usados em computadores pessoais). Além dos componentes lógicos e aritméticos usuais num microprocessador de uso geral, o microcontrolador integra elementos adicionais tais como memória *RAM*, *EEPROM* ou Memória *flash* para armazenamento de dados ou programas, dispositivos periféricos e interfaces de entrada/saída que podem ir de uma simples entrada digital do componente, a uma interface USB ou Ethernet nos mais avançados. Existem diversos tipos de microcontroladores (AMCC, Atmel, Intel, PIC, entre outros), cada um com a sua arquitectura e modo de funcionamento. Um destes tipos é o PIC (*Programmable Intelligent Computer*) (WIKIPÉDIA, 2008c).

Os PIC são uma família de microcontroladores fabricados pela *Microchip Technology*, que processam dados de 8 bits (recentemente foi lançada uma família de 16 bits com prefixo 24F) com extensa variedade de modelos e periféricos internos, com recursos de programação por Memória Flash e EEPROM. Os microcontroladores PIC têm famílias com núcleos de processamento entre 8 bits e 32 bits e trabalham a velocidades até 40 MPIS (Unidade de medida usada nos microprocessadores, significa milhões de instruções por segundo). Há o reconhecimento de interrupções tanto externas como de periféricos internos. Funcionam com tensões de alimentação de 2 a 6V e os modelos possuem encapsulamento de 6 a 100 pinos em diversos formatos (SOT23, DIP, SOIC, TQFP, etc.).

Os PIC's tiveram origem na Universidade de Harvard com um projecto para o Departamento de Defesa, mas este foi vencido por um projecto de memória mais simples (e mais confiável na época) da Universidade de Princeton. A arquitectura Harvard foi primeiramente usada no 8x300 da *Signetics*, e foi adoptada pela *General Instruments* para uso como interface controlador de periféricos (PIC), que foi projectado para compensar o

fraco barramento de I/O da sua CPU CP1600 de 16 bits. A divisão de micro electrónica foi depois transformada na *Arizona Microchip Technology* (por volta de 1985), com os PICs como seu produto principal. Os PICs tinham um grande conjunto de registos (de 25 a 192 registos de 8 bits, comparado com os 144 do *Zilog Z80*).

Os PICs podem ser programados em linguagem *assembly* ou em linguagens de mais alto nível (Pascal, C, Basic) que geram um código em formato hexadecimal (Intel Hex format ou linguagem de máquina) que são usados para serem gravados na memória de programa desses microcontroladores. Para tal, utiliza-se um hardware especial (Programador) ligado a um PC. Os PICs com memória *flash* (trata-se de um chip regravável que, ao contrário de uma *RAM, Random Access Memory*, preserva o seu conteúdo sem a necessidade de fonte de alimentação) são altamente flexíveis na fase de desenvolvimento, pois permitem uma rápida alteração do código de programa. Como ferramentas de desenvolvimento, encontram-se disponíveis no mercado diversos dispositivos tais como: programadores, compiladores, simuladores, placas de protótipos, entre outros.

Os microcontroladores PIC são frequentemente utilizados em:

- electrodomésticos;
- automação;
- robótica;
- instrumentação;
- electrónica integrada;
- periféricos de informática.

Estes pequenos equipamentos têm ganho cada vez maior destaque na indústria, em parte por serem altamente versáteis na medida em que permitem a utilização de inúmeros protocolos de comunicação, têm um funcionamento bastante robusto, e acima de tudo têm um baixo custo.

#### 4.2.2 Autómato programável

Um Controlador Lógico Programável, ou PLC (*Programmable Logic Controller*) é um computador especializado, baseado num microprocessador que desempenha funções de controlo de diversos tipos e níveis de complexidade. Geralmente as famílias de Controladores Lógicos Programáveis são definidas pela capacidade de processamento de um determinado numero de pontos de Entradas e/ou Saídas (E/S).

Os PLC's estão muito difundidos nas áreas do controlo de processos de automação industrial, nomeadamente no controlo de processos contínuos e discretos, como é o caso das linhas de montagem na indústria automóvel.

Num sistema típico toda a informação dos sensores é lida pelo controlador (PLC) que, de acordo com o programa em memória actua sobre as suas saídas e dessa forma controla diversos actuadores do processo.

Os PLC's dispõem de diversas interfaces de comunicação tais como: Rs-232, Rs-485, Ethermet, Profibus, Profinet, ASI, entre outros. Pode assim formar redes de autómatos e também comunicar com diversos dispositivos fabris e também com computadores, formando sistemas de controlo integrados. Cada fabricante propõe também protocolos de comunicação proprietários procurando fidelizar os clientes. Os protocolos mais comuns são o *Modbus* (*Modicon - Schneider Electric*), o *Profibus* (*Siemens*), o *Unitelway* (*Telemecanique - Schneider Electric*) e o *DeviceNet* (*Allen Bradley*), entre muitos outros.

#### 4.2.3 Computador

Longe vai o tempo em que além de os computadores serem altamente dispendiosos, ocupavam enormes volumes. Hoje em dia caminhamos numa direcção em que em cada casa existe pelo menos um computador e uma ligação à internet. Com estes meios é possível ao utilizador utilizar o seu computador para a supervisão do seu ambiente residencial através de uma página de internet, nomeadamente as temperaturas, os caudais da água e do gás, a quantidade de energia consumida/produzida, entre outros.

Um computador pessoal é um computador de pequeno porte e baixo custo, que se destina ao uso pessoal ou para uso de um pequeno grupo de indivíduos. A expressão "computador pessoal" (ou sua abreviação em inglês PC, de *Personal Computer*) é utilizada para denominar computadores de mesa (*desktops*), *laptops* ou *Tablet PCs* executando vários sistemas operativos em várias arquitecturas. Os sistemas operativos predominantes são Microsoft *Windows*, *Mac OS* e *Linux* e as principais arquitecturas são as baseadas nos processadores *x86*, *x64* e *PowerPC*.

No entanto o termo PC tem sido utilizado apenas para computadores pessoais derivados do modelo da IBM, o IBM PC, devido a larga campanha publicitária em 1981. A actual convergência entre *PCs* e *palmtops*, telemóveis e dispositivos móveis que possuem funções similares, sistemas operativos e componentes levam a uma discussão sobre a extensão do termo "computador pessoal" a esses dispositivos.

Devido à rápida evolução deste tipo de equipamentos, estes ganharam poder de processamento e interfaces suficientemente robustas para desempenhar funções de monitorização e controlo em ambientes residenciais. No entanto a utilização destes equipamentos não é tão fiável como a utilização de microcontroladores e autómatos, que entre outras vantagens são imunes a ameaças, como por exemplo vírus informáticos.

#### **4.2.4 Actuadores**

Um actuador é um elemento que produz alguma forma de actuação, atendendo a comandos que podem ser manuais ou automáticos. Os actuadores podem ter várias classificações consoante o método de actuação, estes podem ser eléctricos, electromecânicos, mecânicos, pneumáticos e hidráulicos. A escolha de um actuador é ditada pelo método de actuação desejado (manual ou automático), pela força, velocidade e aceleração de actuação necessária, mas também pelo ambiente de utilização e recursos disponíveis.

Como exemplo, pode citar-se actuadores de movimento induzido por cilindros pneumáticos ou hidráulicos, motores (lineares ou rotativos), electroválvulas (electromecânico). Também são actuadores dispositivos como pás, cancelas ou qualquer

elemento que realize um comando recebido de outro dispositivo, com base em uma entrada ou critério a ser seguido.

Os actuadores encontram-se largamente espalhados pelos diversos equipamentos utilizados no quotidiano das pessoas. O seu controlo é normalmente efectuado mediante o uso de autómatos programáveis ou microcontroladores.

#### **4.2.5 Sensores e transdutores**

Um sensor é geralmente definido como um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou um sinal físico. Porém, os sensores artificiais são aqueles que respondem com sinal eléctrico a um estímulo ou um sinal.

Um transdutor é um componente capaz de converter uma grandeza física num sinal mecânico ou eléctrico. Muitas vezes um sensor é também composto por um transdutor que converte a energia resultante em um sinal eléctrico. Podem ser de indicação directa (como um termómetro de mercúrio ou um medidor eléctrico) ou em par com um indicador (algumas vezes indirectamente com um conversor de analógico para digital, um computador e um *display*) de modo que o valor detectado se torne legível pelo homem. Além de outras aplicações, os sensores são largamente usados na medicina, indústria e robótica.

Como o sinal é uma forma de energia, os sensores podem ser classificados de acordo com o tipo de energia que detectam. Por exemplo:

- sensores de luz;
- sensores de temperatura;
- sensores de humidade;
- sensores químicos;
- sensores de movimento;
- entre outros.

Os sensores podem ser analógicos ou digitais. No caso dos analógicos a grandeza medida é fornecida sobre a forma de uma tensão eléctrica, através da qual serão posteriormente feitos os cálculos necessários para obter o valor da grandeza. No caso dos sensores digitais é necessária a implementação de um protocolo de comunicação, como por exemplo I<sup>2</sup>C ou 1-Wire, para a obtenção do valor da grandeza pretendida, existindo a possibilidade de conexão de vários sensores num mesmo barramento reduzindo o número de condutores necessários e complexidade da instalação.





## 5 Desenvolvimento do sistema de monitorização e controlo a implementar

Neste trabalho pretende-se projectar e implementar um sistema para a monitorização e controlo de diversas variáveis de um ambiente residencial, nomeadamente do sistema de aquecimento, rega e temperatura dos depósitos acumuladores de águas sanitárias e de aquecimento. Assim, é necessário monitorizar temperaturas e níveis de humidades do ambiente residencial, para posteriormente controlar os diversos sistemas.

No entanto, antes de escolher que dispositivos utilizar, é necessário definir previamente qual o protocolo de comunicação a utilizar para a comunicação entre os diversos dispositivos de monitorização e controlo. Esta escolha foi feita tendo em conta o material disponível e considerando o objectivo de conseguir combinar uma estrutura simples com velocidades de transmissão suficientemente rápidas para monitorização próxima de tempo-real e garantindo que o sistema não necessita da presença contínua do utilizador.

Durante a avaliação prévia das tecnologias de suporte, enunciadas na secção 4, constatou-se que cada uma apresenta características inerentes que justificam o uso na aplicação. Por esta razão, neste trabalho serão consideradas as diversas tecnologias de suporte de uma forma integrada num sistema multi-protocolo considerando:

- um barramento CAN no qual se encontram diversos microcontroladores com vários sensores conectados. Esta escolha é resultado da crescente utilização desta tecnologia fora da indústria automóvel, existindo um leque de soluções cada vez maior, a preços cada vez mais acessíveis;
- a implementação do protocolo *ModBus* sobre uma ligação Rs-485 para a escrita nos registos do autómato por parte de um microcontrolador. Desta forma consegue-se que o sistema possa controlado pelos microcontroladores, obtendo-se um sistema imune a instabilidades dos sistemas operativos informáticos, ao mesmo tempo que se garante que em caso de troca do autómato o sistema não tem que ser alterado, bastando o novo autómato ter implementado o protocolo *ModBus*;

- a utilização da ligação Ethernet do autómato para a comunicação com o computador e consequente monitorização e controlo directamente do software de desenvolvido para computador, fazendo-se uso das ferramentas fornecidas pelo fabricante.

Na Figura 20 encontra-se um esquema exemplificativo das ligações entre os diversos dispositivos implementados no sistema desenvolvido.

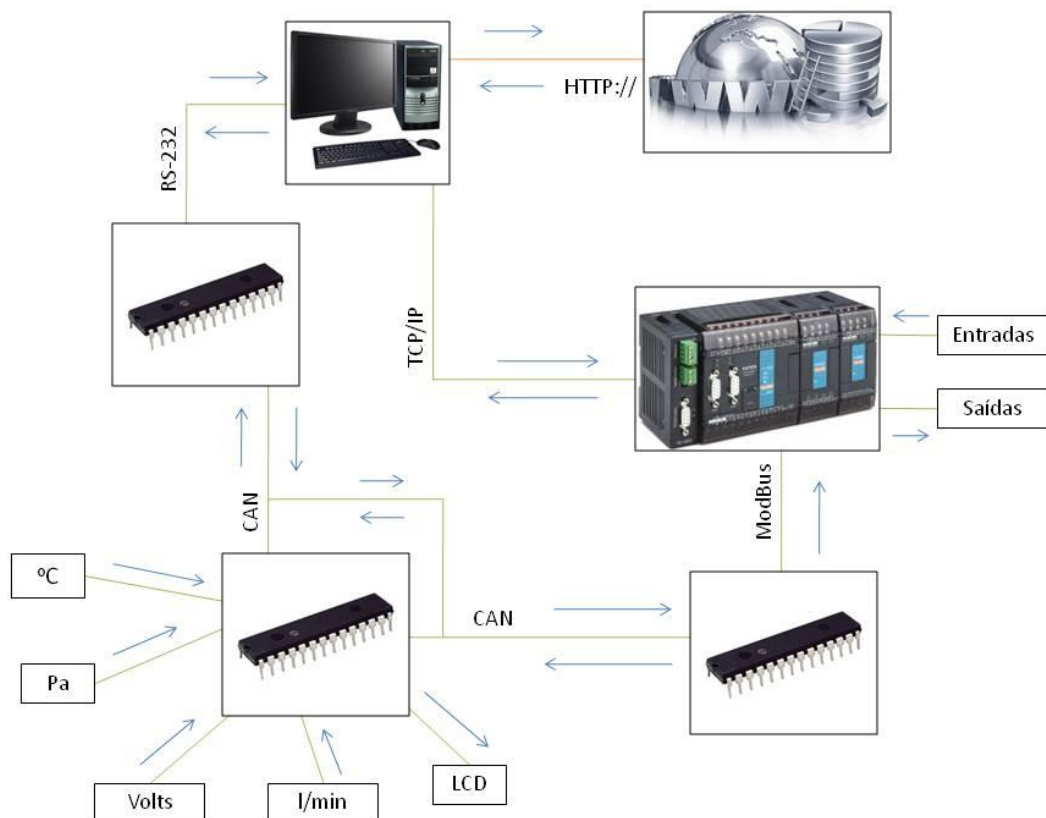


Figura 20 - Esquema exemplificativo do sistema desenvolvido

## 5.1 Rede de sensores e transdutores

Tal como referido na secção 4.2.5, existe uma grande variedade de sensores que nos permitem avaliar um vasto grupo de parâmetros passíveis de serem incluídos no sistema de monitorização e controlo em estudo. No entanto, será dada especial ênfase aos sensores de temperatura e de humidade por serem estes os mais significativos num sistema de gestão

energética, uma vez que a maior parte do consumo de energia de uma habitação é proveniente dos sistemas de climatização.

Para a monitorização dos valores da temperatura e humidade são necessários sensores analógicos e/ou digitais com protocolos de comunicação compatíveis com os restantes elementos do sistema. Para estes dispositivos encontram-se diversas soluções no mercado, como a solução da *comet systems* que nos oferece medições de temperatura e humidade com comunicação Ethernet (Figura 21) (SYSTEMS, 2008). No entanto, estas soluções são relativamente dispendiosas e pouco flexíveis, tendo-se optado pela utilização de microcontroladores para a aquisição dos valores dos sensores necessários. Este tipo de solução tem custos mais reduzidos e permite a utilização de inúmeros protocolos de comunicação.



**Figura 21 - T3510 da comet systems**

Para a monitorização dos parâmetros de temperatura e humidade encontraram-se disponíveis no mercado diferentes tipos de sensor passíveis de serem conectados às entradas de um microcontrolador. Estes sensores dividem-se em 2 grupos: sensores digitais e sensores analógicos, sendo ambas as soluções utilizadas neste estudo. A grande vantagem dos sensores digitais reside na possibilidade de serem suportados por um barramento de comunicação e alimentação, podendo este barramento ser partilhado por diversos sensores com a mesma tipologia. Desta forma é possível conectar vários sensores ligados ao mesmo barramento a uma única porta do microcontrolador, permitindo reduzir custos do equipamento de monitorização e controlo e mesmo custos de instalação. Em contrapartida

os sensores analógicos exigem ser conectados de forma independente sobre uma porta dotada de conversor analógico-digital, mas permitem, todavia, maiores taxas de amostragem e leituras simultâneas. Neste estudo utilizaram-se sensores de temperatura digitais para monitorizar a temperatura do ar para efeito de controlo do sistema AVAC. Generalizando a possibilidade de integração foram utilizados 2 sensores diferentes, o TC74 da *Microchip* e o DS18S20P da *Dallas*, que usam os protocolos de comunicação I<sup>2</sup>C e 1-Wire, respectivamente. Para a monitorização das temperaturas associadas ao sistema de aquecimento central por piso-radiante (temperatura dos acumuladores e gestão de circulação) e ao sistema de aquecimento de águas sanitárias preconizou-se a utilização de termopares conectados a portas analógicas de um microcontrolador.

Para o exterior da residência, optou-se pela utilização de sensores SHT11 da *Sensirion* que integram a capacidade de avaliação da temperatura e da humidade do ar. Estes sensores irão ter em comum a linha de relógio do barramento I<sup>2</sup>C proposto, mas cada um terá a sua própria linha de dados para comunicar com o microcontrolador. Estes sensores utilizam a tecnologia *CMOSens*® que permite a obtenção de leituras muito precisas sob a forma digital. Embora digitais, estes não contemplam uma tecnologia de comunicação multiponto, pelo que, ao contrário dos sensores 1-Wire e I<sup>2</sup>C, necessitam de um barramento de dados para cada sensor. Em contra-partida estes sensores combinam a leitura de temperatura e humidade num só sensor.

Para o controlo de actuadores optou-se pela utilização de um autómato programável, dado que, para além de estarem previamente disponíveis para a realização deste trabalho, estes são equipamentos muito robustos e fiáveis, podendo ser utilizados em inúmeras aplicações.

Além dos sensores digitais atrás mencionados existe um elevado número de sensores de baixo custo disponíveis com protocolos de comunicação compatíveis com microcontroladores, que poderão ser futuramente incluídos no sistema. É o caso dos sensores para medição de caudais de líquidos ou gases também produzidos pela *Sensirion*. Estes sensores permitem efectuar medidas de elevada precisão sem interferir com o escoamento do fluido, incluindo a possibilidade de comunicação através de protocolos I<sup>2</sup>C, SPI, RS-485, entre outros.

## 5.2 Tecnologias de suporte utilizadas no sistema desenvolvido

A comunicação entre os diversos dispositivos é realizada segundo as tecnologias definidas anteriormente nas secções 4 e 5.2 do presente trabalho. No entanto, além das ligações físicas estabelecidas, é necessário definir protocolos e estruturas de comunicação entre os diversos dispositivos. Para este efeito foi dada preferência à utilização de protocolos não proprietários com o objectivo de aumentar a compatibilidade com futuras expansões do sistema. Neste capítulo é apresentada a componente física de uma proposta para o sistema de monitorização e controlo descrito, sendo constituída por uma camada relativa aos sensores e transdutores, uma camada de monitorização e controlo autónomo e finalmente por uma camada de controlo e gestão energética central e actuação (Figura 22).

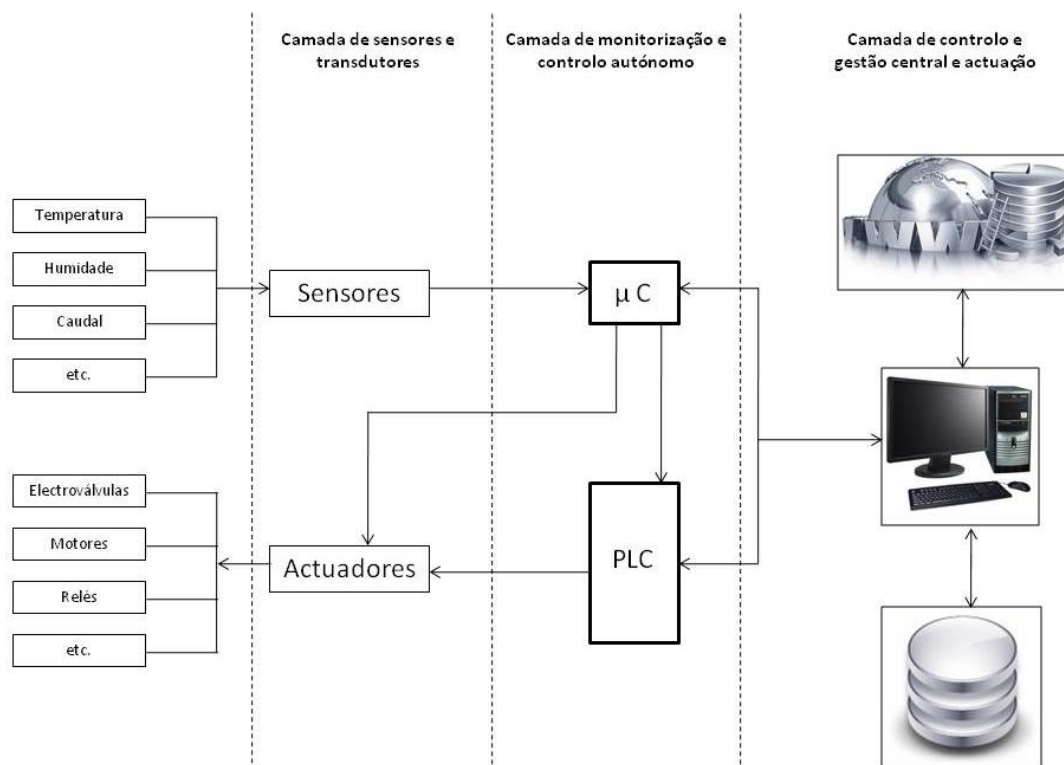


Figura 22- Diagrama de funcionamento do sistema

Entre os microcontroladores existentes na camada de monitorização e controlo autónomo é implementada uma comunicação CAN. Esta opção, além ter custos associados reduzidos, fornece ao sistema uma estrutura de comunicação rápida e fiável devido ao seu robusto método de controlo de erros e gestão de mensagem prioritárias. Para esta ligação

são apenas necessários 3 fios para a instalação (2 para os dados e outro para o sinal de referência - comum), podendo ser usada uma rede já existente em habitações já construídas, como por exemplo a instalação para telefone, rede coaxial, ou cabo Ethernet. Com a utilização deste protocolo pode-se atingir uma extensão de 500m a 125kbts/s.

Por sua vez estes microcontroladores estão conectados a diversos dispositivos, tais como os sensores descritos na secção anterior. Esta camada sensorial é responsável pela avaliação dos diversos parâmetros de interesse, a partir da qual envia uma mensagem de informação para a camada de controlo e gestão central e actuação ou uma mensagem de controlo para o autómato programável ou actuador. Este envio de implementação ou comando é realizado por escrita nos registos do autómato, utilizando para o efeito o protocolo de comunicação *ModBus* sobre uma comunicação Rs-485.

Por outro lado, pretende-se que o utilizador possa visualizar e controlar comodamente os diversos estados de todos os dispositivos ligados de forma simples e centralizada. Adicionalmente é também considerada a possibilidade de esta interface com o utilizador poder ser acessível remotamente por comunicação local ou via *Web*. Decidiu-se então que o computador funcionaria como servidor, disponibilizando uma página de internet dinâmica, através da qual é possível monitorizar os diversos dispositivos e parâmetros de controlo. Desta forma, optou-se por uma ligação do computador à rede de microcontroladores através de uma ligação Rs-232 com o microcontrolador “mestre”. Este recebe a informação proveniente de todos os outros microcontroladores e reencaminha a informação para o computador, o qual se ocupa da actualização do conteúdo da página de internet e simultaneamente transmite as ordens de controlo do utilizador para o sistema. O computador dispõem também de uma ligação TCP/IP que lhe permite aceder directamente ao autómato programável para o controlo directo sobre os actuadores conectados ao autómato.

Nas ligações anteriormente descritas são utilizados diversos protocolos de ligações físicas e de dados. Com o objectivo de compreender melhor as comunicações entre os dispositivos utilizados, encontram-se abordados mais aprofundadamente na secção 4.1 os protocolos da camada física e de ligação de dados dos diversos dispositivos. De seguida serão enunciados os protocolos utilizados pelo sistema e suas finalidades,

### 5.2.1 Ligação *Ethernet*

A ligação *Ethernet* foi usada neste trabalho devido à sua crescente presença em dispositivos para as mais diversas aplicações. Para além disso a actual legislação para construção de novos edifícios, incluindo habitações unifamiliares, prevê, a instalação obrigatória de uma rede que utilize cablagem de transmissão de dados. Permitindo a implementação de novos dispositivos sem a necessidade de efectuar alterações profundas no sistema para sua implementação. Esta ligação é utilizada para a comunicação entre o autómato e o computador, aproveitando-se as ferramentas fornecidas pelo fabricante do autómato utilizado (*Fatek*), aplicações para *Microsoft Windows* e controlos *ActiveX* necessários à comunicação com o autómato utilizado.

### 5.2.2 Ligação Rs-232

Uma vez que os computadores não possuem interface para rede CAN, optou-se por implementar uma *bridge* CAN  $\leftrightarrow$  RS-232 entre o microcontrolador mestre e o computador. Esta escolha deve-se à simplicidade das ligações e programações necessárias para esta implementação, assim como o custo reduzido associado a este conversor. Para este fim apenas foi necessária a ligação de um integrado MAX3232, produzido pela *Maxim*, às portas TX e RX do microcontrolador. Este integrado implementa a conversão dos níveis de tensão utilizados pelo microcontrolador (TTL) para os níveis definidos pelo protocolo Rs-232.

### 5.2.3 Ligação Rs-485

A ligação Rs-485 é bastante utilizada a nível industrial para interligar vários autómatos por ser uma ligação fiável e robusta, sendo estas as razões para a sua aplicação neste sistema. Por outro lado, tanto o autómato programável como os microcontroladores dispõem destas ligações, o que facilita a sua integração mesmo sem recorrer a um computador. Sobre a ligação Rs-485 foi utilizado o protocolo *ModBus* pois permite coordenar o acesso ao meio de transmissão (Rs-485) dos diversos dispositivos. Além disso,



o *ModBus* define mensagens normalizadas que permitem ler ou escrever em dispositivos de diversos fabricantes. Esta opção permite também assegurar que em caso de necessidade de substituição do autómato, este possa ser trocado por outro sem necessidade de se permanecer fiel à marca e modelo do autómato utilizado, bastando que o novo autómato tenha implementado o protocolo *ModBus* e disponibilize uma porta Rs-485.

#### **5.2.4 Ligação CAN**

Este protocolo encontra-se em crescente expansão em diversas áreas, existindo também um número crescente de sensores, actuadores e controladores que disponibilizam esta interface a um baixo custo (RAFAEL VIEIRA DE SOUSA, 2006).

Este meio de comunicação é utilizado para a interligação de diversos microcontroladores espalhados pelo ambiente residencial, uma vez que apenas necessita de dois condutores para a transmissão de dados e um para a tensão de referência (comum), podendo ser aproveitada, por exemplo, a instalação telefónica ou de outra rede de par de fios existente na casa.

#### **5.2.5 Microcontrolador**

Neste trabalho utilizaram-se os PICs com a referência PIC18F2680 em virtude dos conhecimentos já adquiridos sobre a sua programação, a sua disponibilidade no laboratório e, mais importante, por cumprir o conjunto de requisitos mínimos para a sua integração na solução preconizada (permitir comunicação série Rs-232/485, comunicação CAN, interface I<sup>2</sup>C e memória flash e EEPROM). Também é de salientar o facto de este utilizar tecnologia de gestão de energia *nanowatt*, que lhe permite trabalhar com baixos consumos de energia. Na Figura 23 é possível ver as principais características deste PIC.

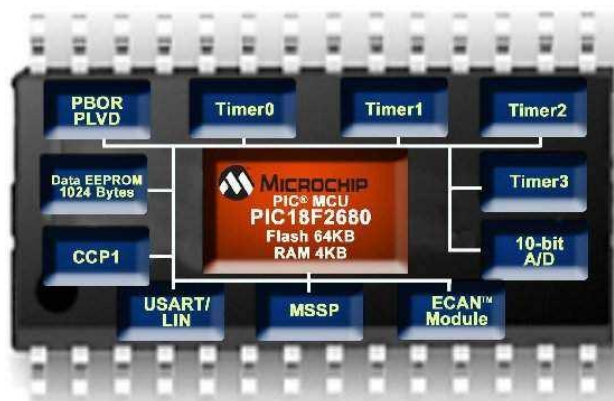


Figura 23 - Algumas características do microcontrolador (MICROCHIP, 2008)

Estes dispositivos são largamente utilizados no presente trabalho, não só devido ao seu reduzido custo de aquisição, mas também pela sua fiabilidade, polivalência e reduzidas dimensões, tendo sido utilizados na monitorização de sensores, comunicações série e controlo de dispositivos, entre outras funções. Estas funções poderiam ser também implementadas unicamente no autómato programável, mas os custos associados aos módulos necessários, tornariam demasiado dispendiosa a solução.

#### 5.2.6 Autómato programável

Neste trabalho foi utilizado um PLC *Fatek Fbs-60MC*, para o controlo de diversos actuadores, como electroválvulas, relés e motores, que constituem o sistema de gestão de energia. A este PLC encontra-se também acoplado um módulo de comunicação (*Fbs-CM55E*) para ligação por TCP/IP e Rs-485, permitindo a leitura remota num computador (TCP/IP) ou o controlo de determinadas variáveis através de um microcontrolador (via *ModBus*/Rs-485). Estes equipamentos foram também utilizados em projectos anteriores na disciplina de Informática Industrial, tendo-se revelado uma opção viável face à utilização de autómatos de empresas mais conceituadas, com custos de aquisição superiores.

### 5.2.7 Computador

Para a monitorização e controlo do sistema através de uma interface gráfica (local ou remota) é necessário um equipamento com capacidades gráficas e de comunicação série. Optou-se pela utilização de um computador pessoal com sistema operativo Windows, uma vez que esta opção fornece uma elevada quantidade de ferramentas necessárias à monitorização e controlo do sistema. Com a utilização do computador no sistema garante-se que o utilizador possa monitorizar a sua habitação, e se por exemplo este se esquecer da água ou gás abertos, possa através da página de internet enviar uma ordem ao PLC para fechar as eléctroválvulas associadas, mesmo que se encontre fora de casa.

Estas são as razões principais que justificam a integração de um computador pessoal com ligação à internet no sistema de gestão de energia preconizado. Para além das razões principais enumeradas, é também de referir a funcionalidade apresentada por este dispositivos para acesso e gestão de base de dados e geração de relatórios de desempenho, e acesso a conteúdos e informação on-line sobre o estado do tempo, custos de energia, actualização automática do sistema, etc.

## 5.3 Programação dos equipamentos utilizados no sistema

Para atingir os objectivos desejados é necessário recorrer a ferramentas de programação para a criação das aplicações de interface com o utilizador, assim como para a programação dos diversos dispositivos escolhidos para o sistema. Assim sendo, e tal como referido anteriormente, o utilizador interage com o sistema através de uma aplicação desenvolvida para o computador ou através de uma página dinâmica de internet.

Para essa aplicação optou-se pela utilização de uma programação em *Visual Basic* desenvolvida através do *Visual Studio 2008* da *Microsoft*, disponível na Universidade de Aveiro. Optou-se por esta ferramenta por esta se ter demonstrado uma ferramenta flexível e de grande utilidade em projectos anteriores. O *Visual Basic* é uma linguagem de programação produzida pela Microsoft que evoluiu da linguagem de programação Basic. A linguagem utilizada é dirigida por eventos e possui um ambiente de desenvolvimento

integrado (IDE – *Integrated Development Environment*) totalmente gráfico, facilitando a construção da interface das aplicações (GUI – *Graphical User Interface*). (WIKIPÉDIA, 2008e) Esta ferramenta permite também a inclusão de controlos ActiveX, que permitem uma ampliação das capacidades desta aplicação, nomeadamente no acesso a bases de dados como MySQL e na comunicação com periféricos, como é o caso do controlo ActiveX Facon Server, fornecido pela Fatek para comunicação com os seus autómatos.

Para a página de internet dinâmica, é pretendido que além das funcionalidades exigidas esta tenha uma interface gráfica agradável e intuitiva, e que possa ser visualizada correctamente num vasto número de dispositivos sem que seja influenciada pelas características destes, tal como a resolução do ecrã utilizado. Para se conseguir este objectivo foi decidido criar uma aplicação *flash* para a apresentação do conteúdo. O desenvolvimento da aplicação *flash* foi feito recorrendo à ferramenta *Adobe Flash CS4* comercializada pela empresa *Adobe*, a qual disponibiliza uma versão de teste. Esta ferramenta utiliza a linguagem de programação *ActionScript3*, para a criação de conteúdos e aplicações embutidas em navegadores de internet. O *ActionScript3* é uma linguagem de programação orientada por objectos baseada em *ECMAScript*, inicialmente utilizada para a construção de aplicações de conteúdo rico (*Rich Internet Applications*) e executada numa máquina virtual (*Virtual Machine*) disponível no *Flash Player* ou no ambiente *Adobe Air*.

Esta aplicação é incluída numa página *PHP*, que é responsável pela recolha de dados da base de dados e disponibilização dos dados para que sejam inseridos na aplicação *flash*. A página de internet dinâmica foi criada através da utilização da linguagem *PHP*, uma vez que, tal como aconteceu com o Visual Basic, também esta se demonstrou útil e flexível em projectos anteriores. A linguagem *PHP* foi criada em 1994 por Rasmus Lerdorf para seu uso pessoal. A primeira de uso geral foi disponibilizada em 1995 e ficou conhecida como "*Personal Home Page Tools*" (*PHP*) (ferramentas para página pessoal). Era composta por um sistema muito simples que interpretava algumas rotinas simples e também por alguns utilitários que funcionavam escondidos nas *homepages*: um livro de visitas e um contador entre outras coisas. O *PHP* é uma linguagem de programação bastante simples e poderosa fazendo com que a aprendizagem para os programadores seja rápido e permitindo uma rápida profissionalização dos programadores usando esta linguagem. Se o programador tem alguma familiaridade prévia com a linguagem C, então a aprendizagem será ainda

mais fácil e a evolução mais rápida também. A principal diferença entre o *PHP* e outras linguagens semelhantes, tais como o *Javascript*, reside no facto que o código *PHP* ser executado no servidor, sendo enviado para o cliente apenas o código *HTML* (através do comando «*echo*»). Desta maneira é possível interagir com bases de dados e aplicações existentes nos servidores.

Como foi referido anteriormente, tanto a aplicação em *Visual Basic* como a página *PHP* partilham uma mesma base de dados com todas as informações do sistema. Recorreu-se à base de dados *MySQL* para este efeito em virtude da familiarização com esta ferramenta e do seu desempenho. O *MySQL* é um sistema de organização e controlo de uma base de dados. Uma base de dados é uma compilação de dados estruturados. Para adicionar, ter acesso e processar dados armazenados numa base de dados de um computador é necessário um sistema de organização como o Servidor *MySQL*. Como os computadores são muito bons a lidar com grandes quantidades de dados, a organização de bases de dados funciona como a engrenagem central na computação, seja como utilitários independentes ou como partes de outras aplicações.

O Servidor *MySQL* foi desenvolvido originalmente para lidar com bases de dados muito grandes de maneira muito mais rápida que as soluções existentes, e tem sido usado em ambientes de produção de alta exigência profissional há vários anos com resultados satisfatórios. Apesar de estar em desenvolvimento constante, o Servidor *MySQL* oferece um interessante e vasto conjunto de funções que associado ao facto de ser um software *open source* (é possível estudar o código fonte e alterá-lo de acordo com as necessidades, e pode ser usado num grande numero de sistemas operacionais) torna o servidor *MySQL* cada vez mais utilizado na *WEB*.

O sucesso do servidor *MySQL* deve-se em parte ao facto de este interagir facilmente com o *PHP* e de possuir determinadas características interessantes, como por exemplo:

- excelente desempenho e estabilidade;
- pouco exigente quanto a recursos de hardware;
- portabilidade (suporta praticamente qualquer plataforma actual) ;
- compatibilidade;
- facilidade de uso;

- é um software livre;
- suporte a vários formatos de tabelas como por exemplo *MyISAM* e *InnoDB*.

Por fim foi utilizada uma ferramenta de programação adicional, o *MPLAB IDE*. Esta ferramenta é fornecida gratuitamente pela *Microchip*, que desenvolveu este programa para a programação dos seus microcontroladores. O *MPLAB* é um pacote de programas que correm sobre o *Microsoft Windows* e que tornam mais fácil escrever ou desenvolver um programa. Pode descrever-se ainda melhor como sendo um ambiente de desenvolvimento para uma linguagem de programação padrão e destinado a correr num computador pessoal (PC). Anteriormente, as operações incidiam sobre uma linha de instrução e contemplavam um grande número de parâmetros, até que se introduziu o ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) e as operações tornaram-se mais fáceis. Este programa além da programação em linguagem *assembly*, permite a inclusão de compiladores para a programação em diferentes linguagens de mais alto nível, como é o caso do compilador C18 da *Microchip* e do PICC18 da *Hi-Tech* utilizados para a programação em linguagem C. Foi esta a linguagem escolhida para a programação dos microcontroladores, uma vez que a sua utilização permite uma programação mais simples e rápida quando comparada com a programação em *assembly*, e verifica-se um crescente fornecimento de código fonte por parte dos produtores de circuitos integrados para a integração destes com os microcontroladores nesta linguagem.

Na secção seguinte serão descritos os protocolos e as estruturas de mensagens utilizados para a implementação do sistema proposto anteriormente.

### **5.3.1 Circulação da informação pelo sistema**

Para esta comunicação foi definida uma estrutura de mensagem, a qual engloba todo um conjunto de parâmetros para a identificação da proveniência da mensagem e qual o seu propósito. Esta estrutura foi criada tendo por base a especificação NMEA 0183 (WIKIPÉDIA, 2008d). Esta especificação define tanto as ligações eléctricas como o formato das mensagens usadas na comunicação entre dispositivos marítimos eléctricos, tais como sonares e receptores *GPS*.

O padrão NMEA 0183 usa código ASCII no protocolo da comunicação série e define como os dados deverão ser transmitidos num quadro de um emissor para um receptor num determinado tempo. Ao nível da camada da aplicação, o padrão também define o conteúdo de cada mensagem de modo a que os receptores possam decodificar as mensagens correctamente. Ao nível da camada de física este padrão define os requisitos da ligação série (4800 bits/s, 1 start bit, 1 stop bit, 8 bits de dados e sem controlo de fluxo e paridade). No entanto, optou-se por uma taxa de transferência superior (115200 bits/s) com o objectivo de melhorar a resposta do sistema em geral. A estrutura da mensagem utilizada encontra-se descrita na Tabela 13.

**Tabela 13 - Estrutura de mensagem utilizada**

<b>Mensagem</b>	
\$PCAN,ID,From,Zona,[Dados]*Checksum	

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>
\$	Início de quadro
PCAN	Tipo do protocolo
ID	Identificador de destino da mensagem
From	Identificador do emissor da mensagem
Zona	Zona da habitação
Dados	Campo opcional de dados
*	fim dos dados
ChkSum	Checksum da mensagem

### 5.3.2 Comunicação *ModBus* com o autómato

Uma vez que o protocolo *ModBus* define a estrutura da mensagem a ser utilizada por equipamentos que implementem este protocolo, é necessário que o microcontrolador interprete previamente a mensagem recebida pelo barramento CAN, para posteriormente fazer a implementação das funções de escrita de registos na memória do autómato programável utilizando o protocolo *ModBus*.

### 5.3.3 Protocolo CAN

Tal como referido anteriormente na secção 4.1.4, podem ser utilizados dois formatos de mensagem CAN, o formato *Standard* CAN com 11bits disponíveis para o identificador, ou o formato *Extended* CAN com 29bits. Para o número de dispositivos conectados ao sistema utilizando esta tecnologia verifica-se que o primeiro formato é suficiente para as finalidades pretendidas.

Em relação à implementação do software CAN nos microcontroladores, optou-se pela adaptação do código em linguagem C disponível no site da *Microchip* correspondente ao “*Application Note 878 - PIC18C ECAN Routines in ‘C’*” que se encontra disponível para download gratuito no site da *Microchip* (RAJBHARTI, 2001). Esta biblioteca de código é bastante completa e sem restrições em termos de uso comercial. No entanto, baseava-se no método de *polling*, tendo-se efectuado as alterações necessárias para o funcionamento por interrupções.

### 5.3.4 Protocolo I<sup>2</sup>C

Este protocolo foi implementado nos microcontroladores utilizados para a aquisição de valores dos sensores com este protocolo de comunicação, como é o caso do sensor de temperatura TC74 da *Microchip*, adaptando as funções existentes no compilador PICC18 da *HI-Tech* para a aquisição dos valores de temperatura. Para a leitura do sensor de temperatura TC74 foi necessário desenvolver um programa para o microcontrolador, o qual numa primeira fase, recorrendo ao endereço do sensor utilizado disponível na documentação do equipamento, activa o sensor, e quando este termina a conversão de temperatura, efectua uma nova comunicação para o microcontrolador na qual é transmitida o valor da temperatura. Este processo é efectuado para cada leitura pretendida.



### 5.3.5 Protocolo 1-Wire

Foi utilizada esta ligação entre um microcontrolador e um sensor de temperatura DS18S20P, tendo sido desenvolvido um programa específico para a comunicação entre estes. Este programa detecta numa primeira fase os dispositivos presentes no barramento, adquirindo o código de identificação de cada um dos sensores conectados. Este código de identificação é utilizado posteriormente para seleccionar os dispositivos aos quais se acederá à sua memória interna para efectuar a medição de temperatura. Esta programação foi feita em linguagem C recorrendo à ferramenta PICC18 da *Hi-Tech*.

### 5.3.6 Tecnologia *CMOSens*®

A tecnologia *CMOSens*® é utilizada pelos sensores de temperatura e humidade SHT11 produzidos pela *Sensirion*. O protocolo de comunicação é parecido ao protocolo I<sup>2</sup>C utilizado no sensor TC74, diferindo na frequência de funcionamento e nas funções de comunicação. O pedido do valor de temperatura ou humidade é feito logo após o início da transmissão, através do envio do código de uma função. Após o tempo de conversão, este sensor envia o valor da grandeza pedida assim como o valor do *CRC* associado à mensagem enviada para a implementação de controlo de erros.

## 5.4 Método de funcionamento do sistema de Monitorização e Controlo

Para uma melhor compreensão do sistema proposto serão utilizados fluxogramas descrevendo o funcionamento de cada um dos intervenientes e sua interacção com os restantes elementos, recorrendo à linguagem de modelação visual *UML* (*Unified Modelling Language*) (MAURO NUNES, 2001) e *SDL* (*System Design Language*) (FERENC BELINA, 1991).

### 5.4.1 Aquisição de dados provenientes dos sensores

Tal como referido anteriormente, a aquisição de dados dos sensores é realizada mediante a sua ligação a um microcontrolador. Os sensores utilizados para a medição de temperatura e humidade dispõem de interfaces analógicas, I<sup>2</sup>C, 1-Wire e *CMOSens*®. Os valores registados são adquiridos sequencialmente pelo microcontrolador em intervalos de 30s, e, após a aquisição de valores, estes são inseridos numa mensagem e enviados para o barramento CAN. O microcontrolador poderá estar configurado para enviar mensagens prioritárias, caso os valores adquiridos correspondam a um intervalo de valores definidos pelo utilizador. No presente trabalho as mensagens prioritárias enviadas do microcontrolador para o autómato programável permitem-lhe actuar as suas saídas digitais ou analógicas.

Para a montagem do circuito utilizado tomou-se como base o esquema eléctrico para implementação do protocolo CAN através de um microcontrolador (Anexo 12), no qual são ligados diversos sensores às suas portas disponíveis (Anexo 13). Os circuitos foram montados recorrendo ao uso de placas de prototipagem. A Figura 24 apresenta o circuito utilizado para a medição de temperatura e humidade recorrendo ao uso dos sensores disponíveis.

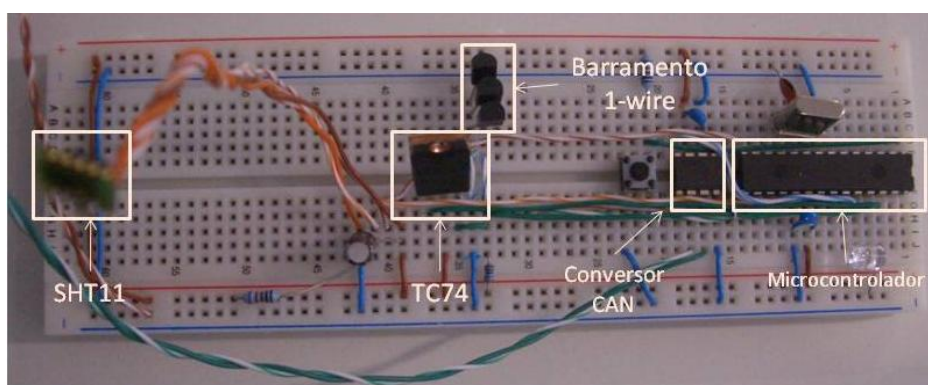


Figura 24 - Circuito de aquisição dados de sensores digitais e analógicos

Após cada ciclo, o microcontrolador avalia o estado dos sensores conectados às suas entradas analógicas e digitais. Inicialmente efectua a mediação dos sensores digitais

de temperatura e humidade; para o efeito o microcontrolador executa os programas para cada tipo de sensor existentes na sua memória. No início do arranque destes programas é escolhido o sensor com o qual se vai comunicar (através do ID do sensor), seguindo-se a sua configuração para a aquisição dos parâmetros pretendidos. Assim que o sensor tenha realizado a conversão do parâmetro desejado, o microcontrolador lê o valor do parâmetro, armazenando-o na sua memória.

Uma vez efectuada a leitura dos sensores digitais, o microcontrolador recorre ao seu conversor analógico-digital para obter o valor de tensão nas portas analógicas, efectuando de seguida o cálculo do valor do parâmetro com base nas equações características do sensor utilizado.

Assim que a avaliação dos parâmetros desejados é concluída, estes serão concatenados numa única mensagem, que por sua vez é enviada para o barramento CAN. Uma vez concluído o envio da mensagem, o microcontrolador repete os passos anteriormente descritos. Na Figura 25, Figura 26, Figura 27 e Figura 28 encontram-se diagramas de interacção exemplificativos da aquisição dos valores de temperatura e humidade e na Figura 29 um fluxograma SDL (*System Design Language*) correspondente ao funcionamento da aquisição de valores pelo microcontrolador. A estrutura da mensagem criada encontra-se descrita na Tabela 14.

**Tabela 14 - Estrutura mensagem CAN**

Mensagem	
ID Destino, ID Origem, Zona, Sensor, Valor	

Campo	Descrição
ID Destino	Identificação do Receptor
ID Origem	Identificação do Transmissor
Zona	Localização do Sensor (piso=1, rés-do-chão=0, exterior=e)
Sensor	Sensor utilizado
Valor	Valor da Medição

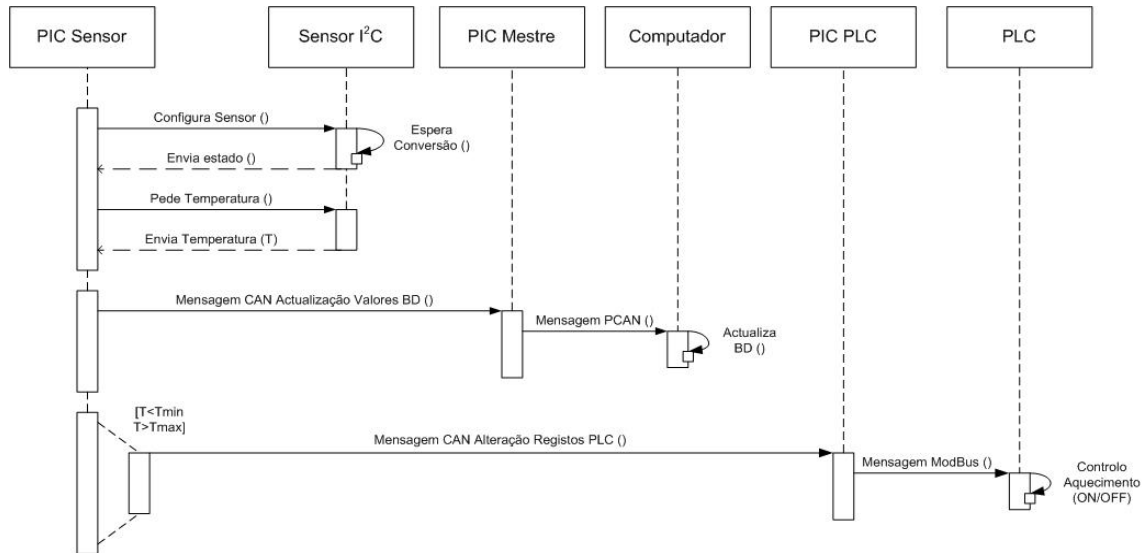


Figura 25 - Diagrama de interacção da aquisição dos valores de temperatura do sensor TC74.

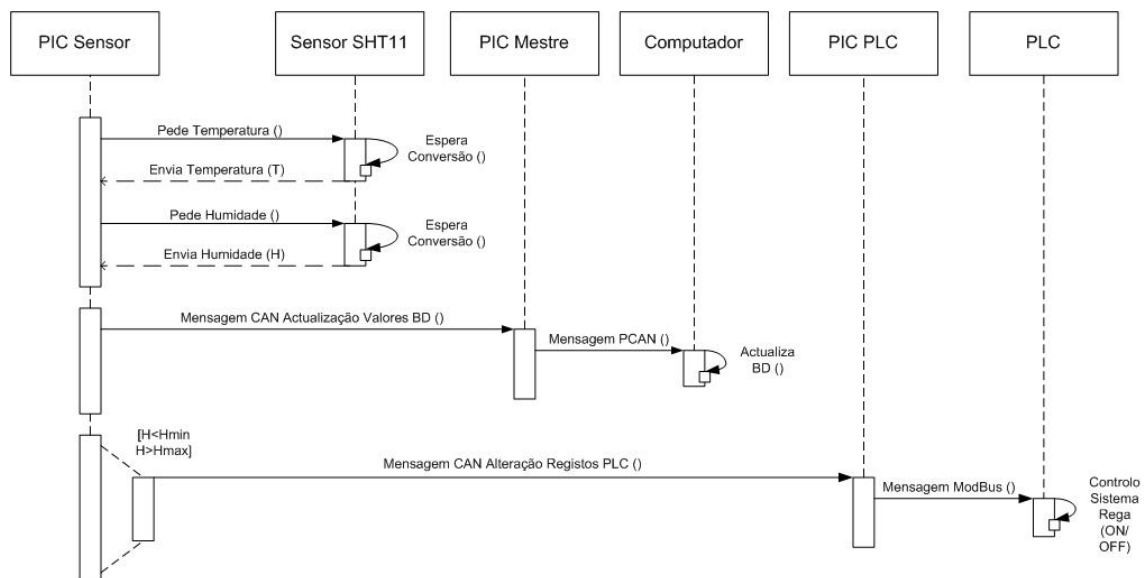


Figura 26 - Diagrama de interacção da aquisição dos valores de temperatura e humidade do sensor SHT11.

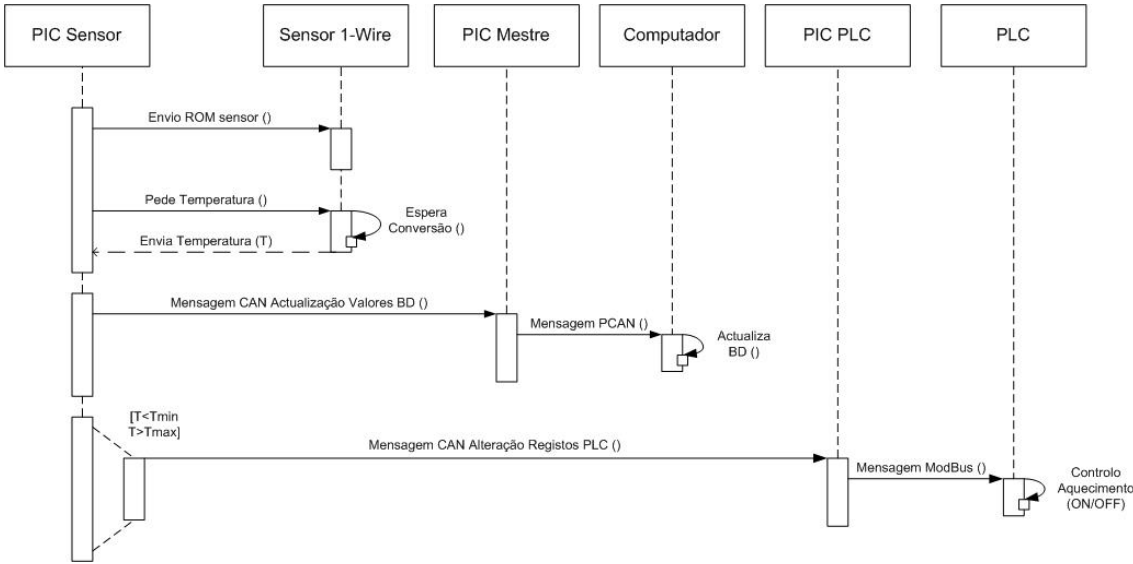


Figura 27 - Diagrama de interacção da aquisição dos valores de temperatura do sensor DS18S20P.

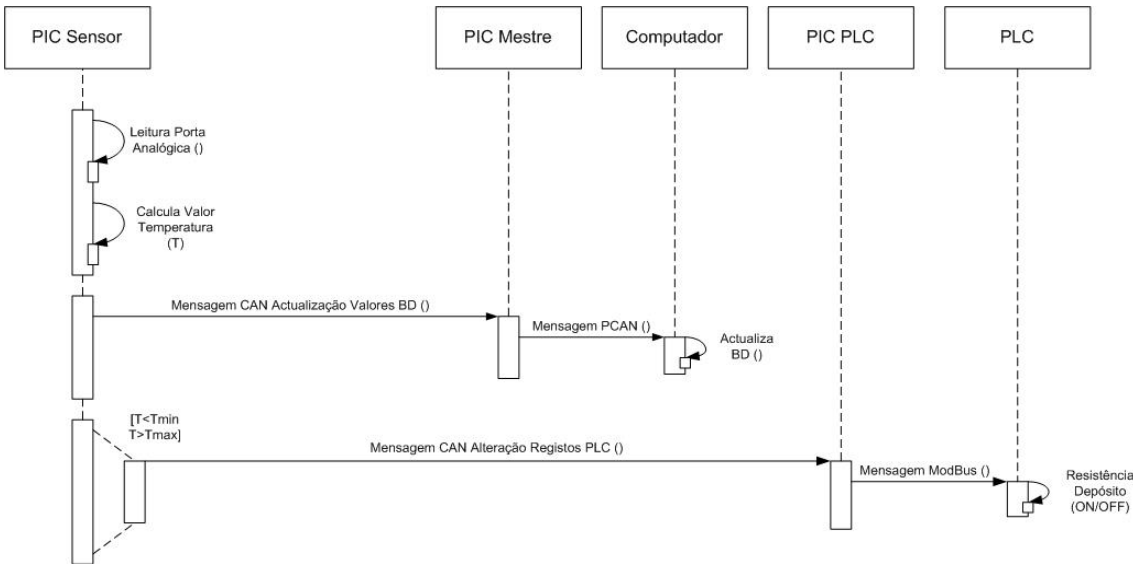


Figura 28 - Diagrama de interacção da aquisição dos valores de temperatura do termopar.

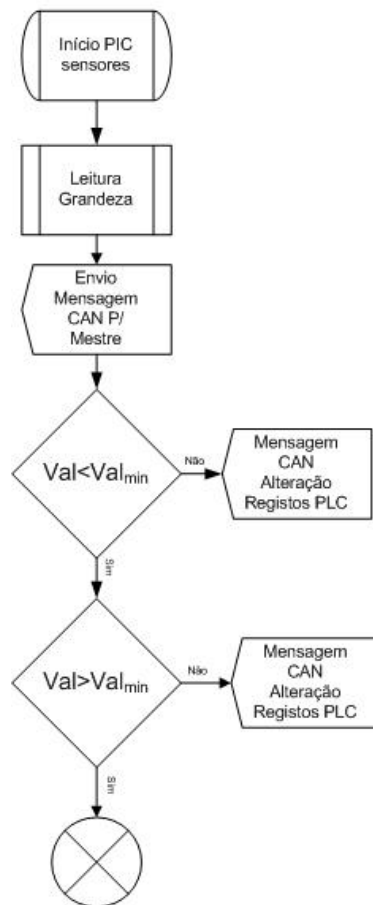
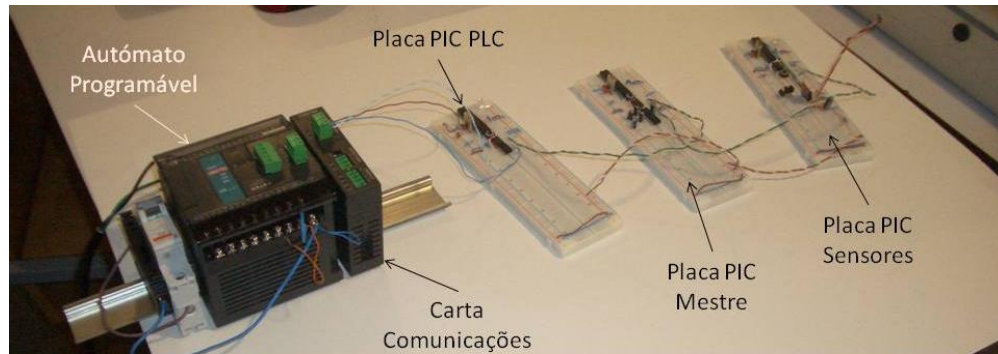


Figura 29 - Fluxograma SDL da aquisição de dados dos sensores.

#### 5.4.2 Análise do tráfego do barramento CAN

A Figura 30 representa a interligação dos diversos dispositivos do sistema montados em placas de prototipagem, cujos esquemas eléctricos se encontram disponíveis para análise no Anexo 12, Anexo 13 e Anexo 14.



**Figura 30 - Interligação dos diversos microcontroladores através de uma rede CAN**

Todo o tráfego do barramento CAN é analisado pelo microcontrolador mestre (Figura 31). Este verifica a proveniência dos dados e reencaminha as mensagens para o computador segundo a estrutura definida na secção 5.3.1. O microcontrolador espera pela recepção de uma mensagem, e caso a mensagem seja proveniente do computador, esta será reencaminhada para o barramento CAN por forma a que o microcontrolador pretendido interprete a mensagem.

As mensagens do barramento CAN recebidas pelo microcontrolador mestre são reenviadas para o computador recorrendo a uma ligação Rs-232, sendo o funcionamento do microcontrolador descrito na Figura 31 através de um fluxograma SDL.

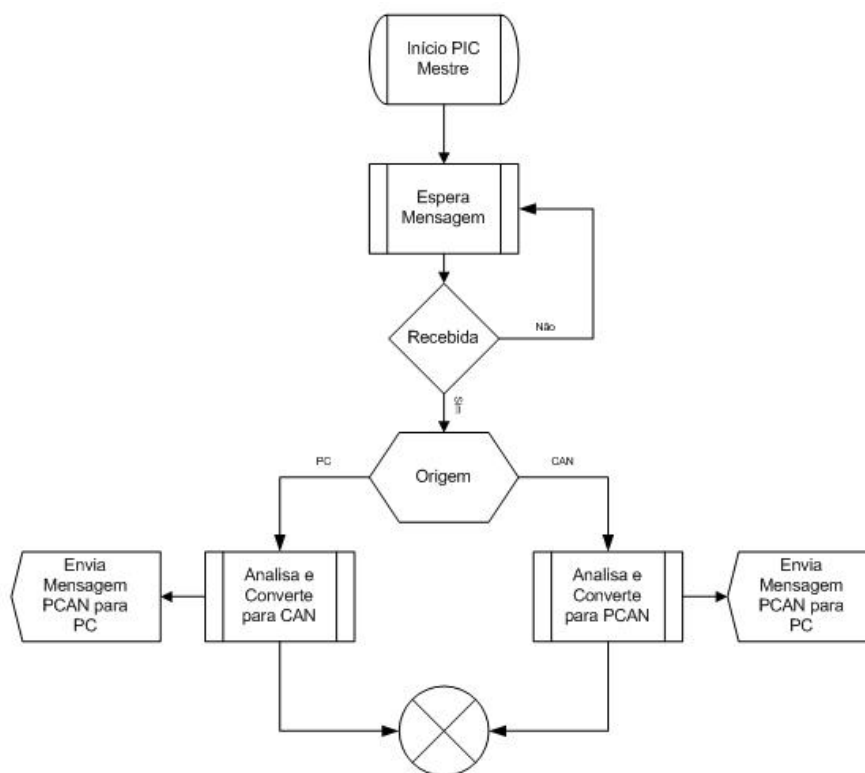


Figura 31 – Fluxograma SDL do procedimento de análise das mensagens pelo microcontrolador mestre

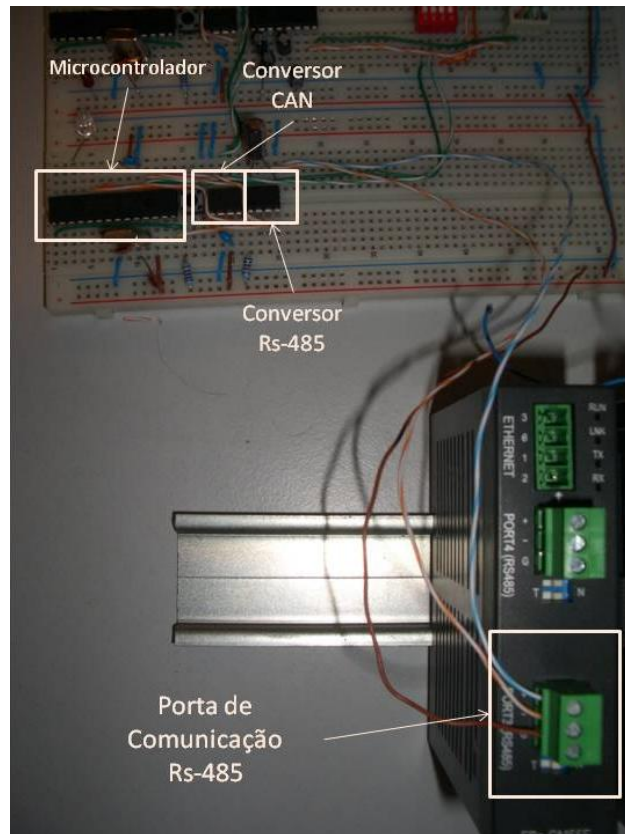
#### 5.4.3 Procedimento de análise de mensagens prioritárias

Como referido anteriormente, as mensagens prioritárias são destinadas ao microcontrolador responsável pela implementação da comunicação *ModBus* entre este e o autómato. Ao receber uma mensagem *CAN* prioritária, o microcontrolador analisa-a para saber se terá de enviar uma mensagem *ModBus* para o autómato programável para que este altere o valor de uma ou mais posições de memória (registos.). Caso se pretenda alterar apenas um registo, o microcontrolador utilizará o código *ModBus* “05”, caso contrário este utilizará o código “15” (Figura 33).

Tal como nos circuitos anteriores a implementação da rede *CAN* foi realizada segundo o esquema eléctrico disponível no Anexo 12, sendo implementado um controlador *MAX485* para a comunicação através de um barramento *RS-485* com o autómato (Anexo



14). Na Figura 32 encontra-se representada a ligação efectuada entre o autómato e o circuito responsável pela implementação do protocolo *ModBus*.



**Figura 32 - Ligação entre o autómato programável e o microcontrolador**

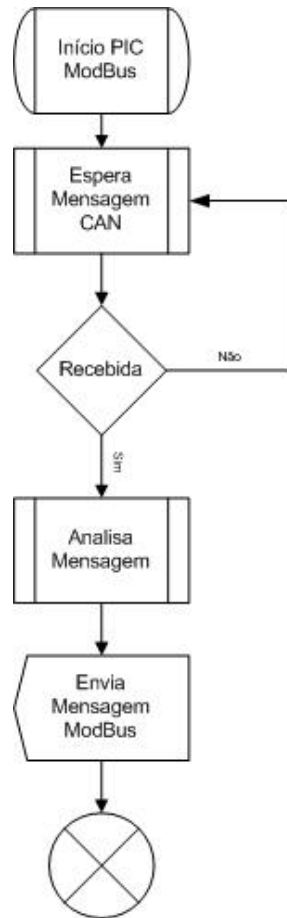


Figura 33 - Fluxograma da implementação de ModBus pelo microcontrolador

#### 5.4.4 Disponibilização dos dados na página dinâmica de internet

Como referido anteriormente, para conseguir uma interface agradável, intuitiva e imune a parâmetros como a resolução do ecrã onde é visualizada, recorreu-se ao desenvolvimento de uma aplicação em *ActionScript3* (ficheiro do tipo .swf) para realizar a interface gráfica, a actualização do conteúdo e o controlo de dispositivos. Esta aplicação comunica com uma página *PHP* que por sua vez acede a base de dados *MySQL* para a leitura e escrita do seu conteúdo.

A aplicação flash pode ser dividida em três zonas (exterior, primeiro piso e rés-do-chão), que consoante a zona visualizada envia um pedido à página *PHP* com a informação sobre que parâmetros se pretende monitorizar ou controlar. Para a disponibilização das diversas variáveis representativas do estado do sistema, é enviado um pedido à página *PHP*

que efectua uma leitura da tabela de base de dados *MySQL* com o estado actual dos dispositivos. Por outro lado, caso se pretenda o controlo de alguma variável do sistema, a aplicação flash envia uma ordem à página *PHP* que actualiza a tabela de controlo da base de dados, para posteriormente ser transmitida esta informação ao sistema por parte do computador.

A aplicação flash encontra-se continuamente a efectuar pedidos de monitorização do sistema à página *PHP*, e quando o utilizador activa um controlo na página dinâmica, este é transmitido à página *PHP*. Na Figura 34 encontra-se um fluxograma SDL representativo do funcionamento da página de internet desenvolvida.

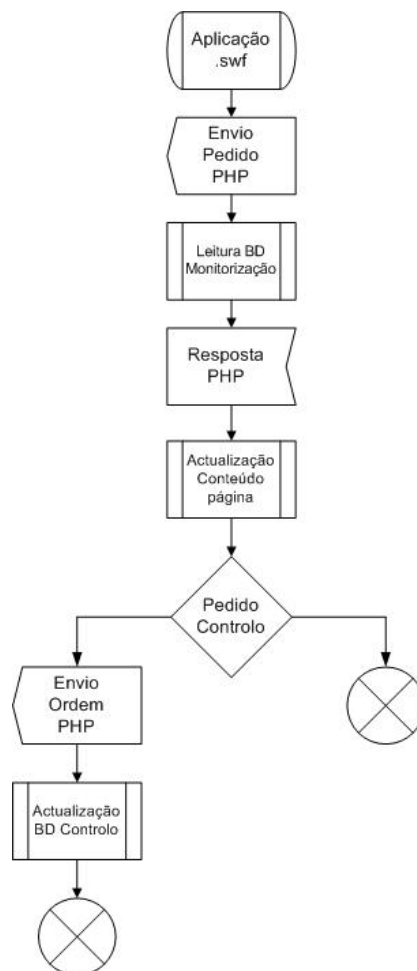


Figura 34 - Fluxograma SDL de funcionamento da página dinâmica de internet

#### 5.4.5 Interação do utilizador com o sistema de monitorização e controlo proposto

A interacção entre o utilizador e o sistema pode ser realizada através de uma aplicação no seu computador. Alternativamente esta capacidade de interacção também pode ser disponibilizada através de uma página dinâmica disponibilizada através da internet. Em ambos os casos, a monitorização do sistema é efectuada através da leitura do conteúdo da base de dados MySQL.

O controlo dos diversos actuadores é separado em dois tipos de controlo: o controlo directo e o controlo indirecto. Numa acção de controlo directo, o utilizador activa ou desactiva um actuador através da alteração do estado de uma saída do autómato programável. Este controlo utiliza uma ligação TCP/IP para comunicar com o autómato programável através da aplicação *Facon Server* fornecida pela *Fatek*.

No entanto, caso se pretenda activar ou desactivar um actuador apenas quando determinadas condições são atingidas, é utilizado o controlo indirecto. Um exemplo deste controlo é o controlo da temperatura da habitação. Assim, na interface escolhida é inserido o valor da temperatura desejada, ocupando-se o sistema de manter a temperatura dentro dos valores definidos de forma automática. Após a escolha da temperatura desejada é enviada uma mensagem ao microcontrolador mestre, segundo a estrutura definida na secção 5.3.1, através de uma comunicação *RS-232* que por sua vez encarregar-se-á de a colocar no barramento *CAN* para que o microcontrolador responsável actualize os valores da temperatura máxima e mínima desejadas para a habitação.

O tipo de controlo indirecto assume especial relevo num sistema de gestão energética integrado num sistema de domótica, na medida em que descentraliza o controlo, tornando-o mais fiável, robusto e, principalmente mais rápido e eficiente.

Na Figura 35 encontra-se um fluxograma SDL exemplificativo da interacção do utilizador com o sistema através dos métodos disponíveis. Na secção 5.4.6 e 5.4.7 serão abordadas as interfaces das aplicações VB e página de internet.

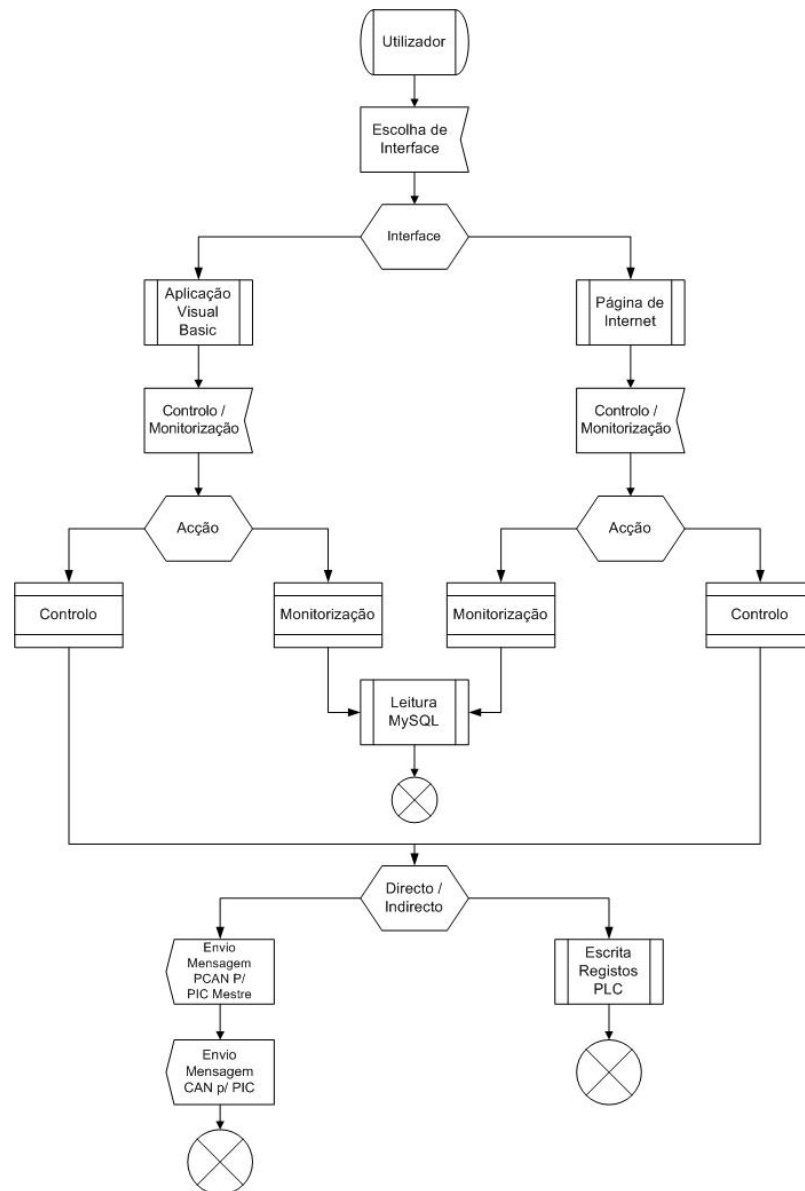


Figura 35 – Fluxograma SDL representativo da interacção do utilizador com o sistema.

#### 5.4.6 Interface da Aplicação Visual Basic

A aplicação de interface gráfico desenvolvida em *Visual Basic* inicia-se pela abertura de uma janela com a exibição de uma imagem do exterior de uma moradia genérica de dois pisos (rés-do-chão e primeiro andar, Figura 36). Nesta janela encontram-se disponíveis diversas caixas de texto, onde de encontram visíveis várias informações sobre o sistema entre as quais:

- estado do sistema (ligado, desligado);

- temperatura e humidade exterior;
- estado e controlo do funcionamento do sistema de rega;
- temperatura da água do depósito.



Figura 36 - Aparência da janela do exterior

Esta imagem encontra-se dividida horizontalmente em duas secções (primeiro piso e rés-do-chão) que respondem à selecção do utilizador, mostrando a planta do piso seleccionado com as diversas grandezas medidas nos diversos locais. Em ambos os pisos é visível o estado das variáveis do exterior, tais como temperatura e humidade do exterior e o estado e controlo do sistema de rega. Nos cantos inferiores destas encontra-se botões para alternar entre as restantes janelas do programa

O rés-do-chão (Figura 37) é composto pela cozinha, arrecadação, uma sala de jantar, duas salas de estar, um quarto, três casas de banho, hall de entrada e corredor. Em cada



uma destas zonas é possível visualizar a temperatura actual e monitorizar e controlar o estado do aquecimento de cada uma das áreas.



Figura 37 - Aparência da janela do rés-do-chão.

O primeiro piso (Figura 38) permite a visualização e controlo das mesmas variáveis do piso inferior, diferenciando-se desta pelas secções existentes. Este piso é composto por quatro quartos, três casas de banho, uma sala de estar, corredor e varanda.



Figura 38 - Aparência da janela do primeiro piso.

### 5.4.7 Interface Página dinâmica

A página de internet dinâmica desenvolvida tem o mesmo aspecto gráfico que a aplicação Visual Basic, assim como os mesmos controlos disponíveis. Para a visualização desta página é necessária a instalação do *plug-in Flash Player* fornecido gratuitamente pela *Adobe*. Nas Figura 39, Figura 41 e Figura 40 encontram-se exemplos da aparência da página dinâmica desenvolvida.

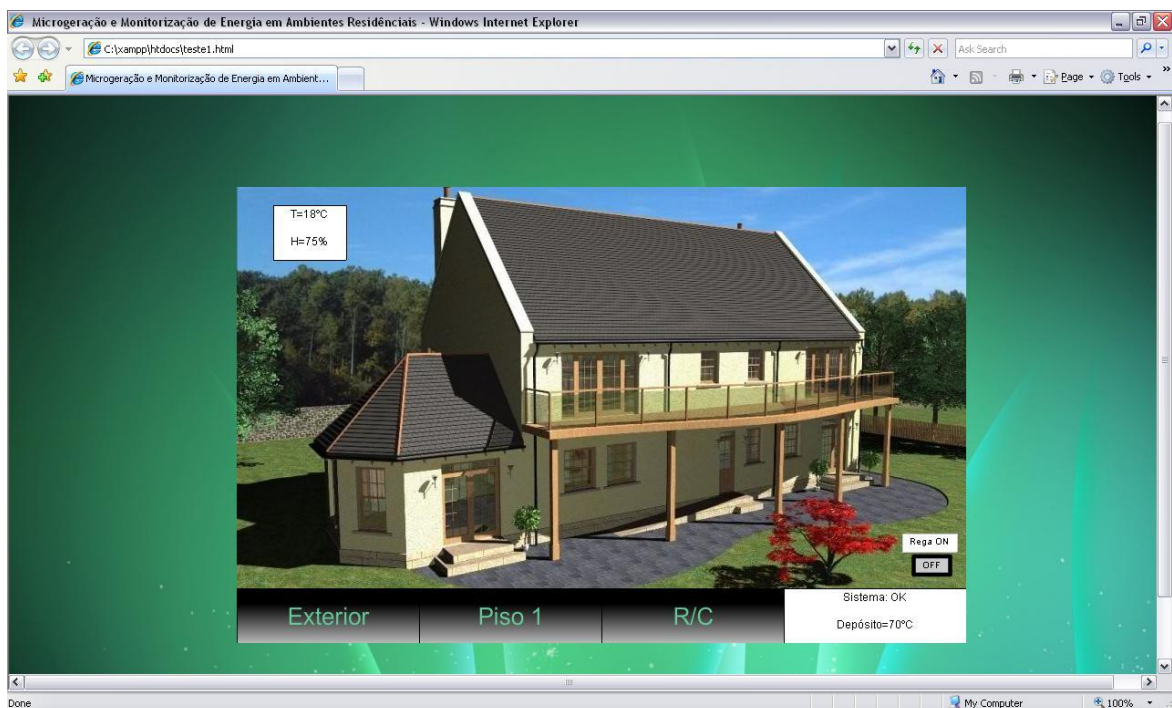


Figura 39 - Aspecto inicial da página dinâmica.



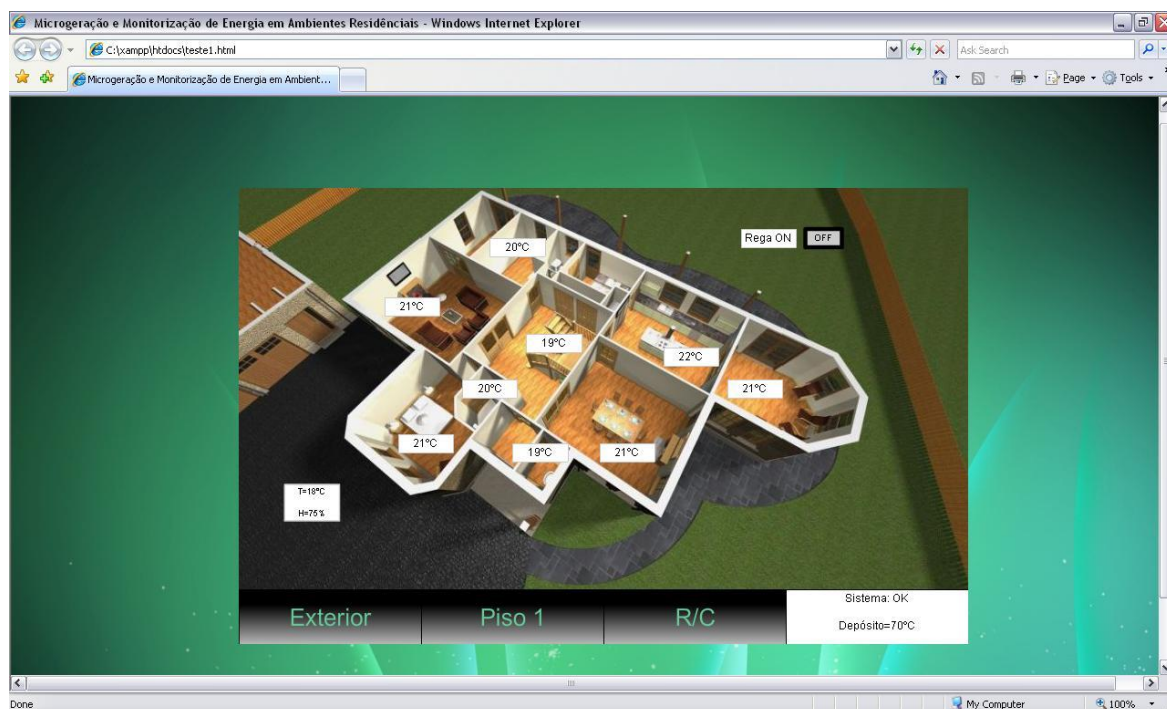


Figura 40 - Aparência da página de internet dinâmica do rés-do-chão.

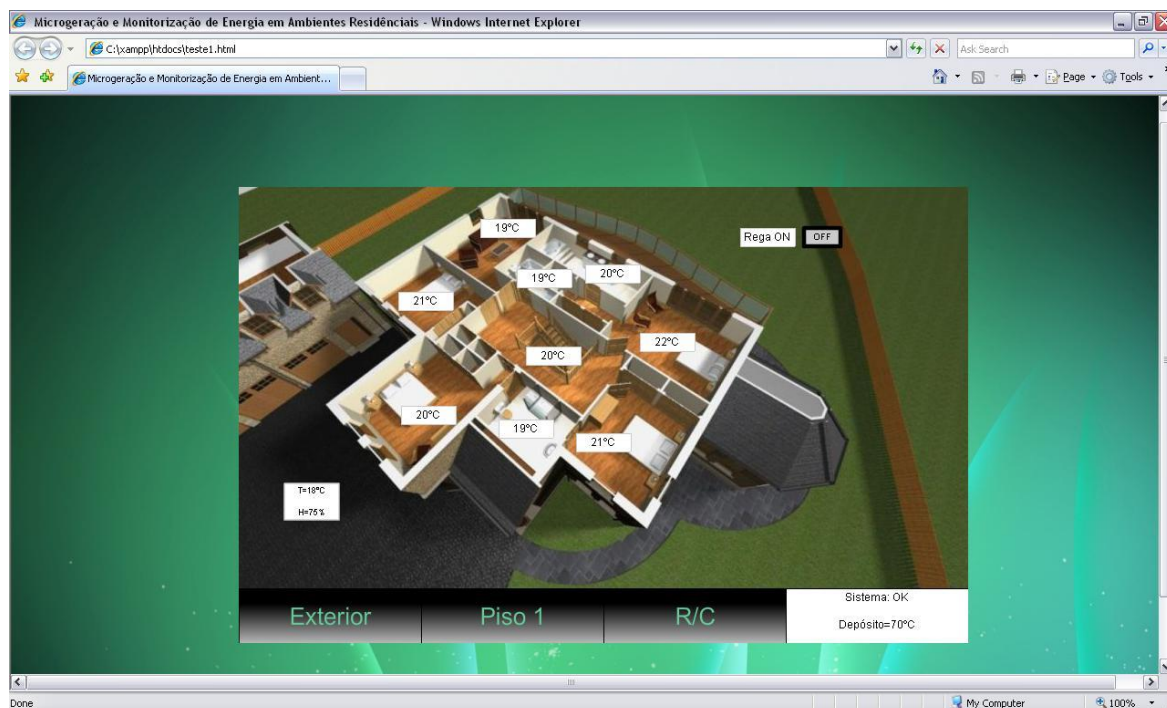


Figura 41 - Aparência da página de internet dinâmica do primeiro piso.

## 6 Análise de custos e de desempenho do sistema de monitorização

Nesta secção será abordado qualitativamente o desempenho dos dispositivos e o custo dos mesmos. A análise de desempenho será qualitativa, uma vez que todos os dispositivos utilizados têm tempos de actuação reduzidos, inferiores a alguns milissegundos, não sendo necessária uma grande rapidez de resposta dos sensores para as aplicações desejadas. Na Tabela 15 encontram-se descritos os custos associados aos dispositivos utilizados. Nesta análise não serão tidos em conta os custos associados à aquisição dos actuadores ligados ao autómato, uma vez que estes dependem do tipo de instalação dos sistemas a monitorizar, tais como o sistema de rega e de aquecimento, nem do computador pessoal a utilizar, considerando-se que este se encontra previamente disponível.

**Tabela 15 - Custo dos dispositivos associados**

Dispositivo	Fabricante	Função	Custo
PIC18F2680	Microchip	Microcontrolador	5,05€ (MICROCHIP, 2008)
TC74	Microchip	Sensor de Temperatura	1,03€ (MICROCHIP, 2008)
DS18S20	Dallas	Sensor de Temperatura	2,02€ (IC, 2008a)
SHT11	Sensirion	Sensor de temperatura e Humidade	23,06€ (FARNELL, 2008)
Termopar Tipo k	Labfacility	Sensor de temperatura	6,54€ (FARNELL, 2008)
MAX3232	Maxim-IC	Conversor Rs-232	2,25€ (IC, 2008a)
MAX485	Maxim-IC	Conversor Rs-485	1,57€ (IC, 2008a)
PCA82C251	Philips	Conversor CAN	1,75€ (FARNELL, 2008)
Fbs-60MC	Fatek	Autómato	694,91€ (Anexo 15)
FBs-CM55E	Fatek	Módulo de Comunicações	315,96€ (Anexo 15)
AD623ANZ	Analog Devices	Amplificador de sinal	4,82€ (FARNELL, 2008)

Os sensores utilizados apresentaram boas respostas tanto em relação à rapidez como em relação ao valor das medições efectuadas. O sensor mais rápido é o SHT11 devido à sua elevada frequência de funcionamento de 5Mhz, contra os 100kHz utilizados pelos sensores TC74 (possibilidade de comunicação I<sup>2</sup>C até 3,4MHz) e DS18S20 (até

cerca de 1,6MHz), no entanto a diferença no tempo de resposta não compromete o funcionamento do sistema.

Os sensores mais económicos são os TC74. No entanto, estes apenas possibilitam a ligação de 7 dispositivos ligados a um mesmo barramento, pelo que a solução proposta pela Dallas baseado no protocolo 1 wire é mais interessante, permitindo um total de  $1,84 \times 10^{19}$  dispositivos ligados a uma mesmo barramento, aliando ainda a vantagem de não necessitarem de alimentação externa, uma vez que recolhem a energia necessária da linha de dados. Os sensores SHT11 são os mais caros dos sensores testados, no entanto estes permitem a leitura de valores de duas grandezas num só sensor (temperatura e humidade).

Assim sendo, para a aquisição dos valores das temperaturas do interior da residência seria instalado um sensor DS18S20 em cada divisão. Estes sensores seriam por sua vez conectados a um dos barramentos *1-Wire* instalados (um por piso). Cada um destes barramentos é ligado a um microcontrolador (um por piso). O microcontrolador instalado no primeiro piso é também responsável pela aquisição do valor da temperatura do depósito de água através da ligação de um termopar tipo k a uma das suas portas analógicas. Por sua vez, o microcontrolador instalado no rés-do-chão, para além da aquisição das temperaturas do interior, seria responsável pela leitura da temperatura e da humidade exterior (sensor SHT11), bem como da comunicação com o computador através de uma ligação Rs-232 e com o autómato programável através da comunicação *ModBus* sobre uma ligação Rs-485.

Além dos sensores e microcontroladores, são utilizados transdutores Rs-485 e Rs-232 para a comunicação com o autómato e com o computador. Para finalizar é utilizado o autómato da *Fatek* e o módulo de comunicações para o controlo e monitorização da habitação. Na Tabela 16 encontram-se descritos os custos associados à aquisição do equipamento do sistema de monitorização e controlo desenvolvido. De referir que nestes custos não se encontram incluídos os custos dos cabos, conectores, da mão-de-obra da instalação, nem dos custos de desenvolvimento das aplicações.

**Tabela 16 - Lista de componentes do sistema desenvolvido e custo associado**

<b>Dispositivo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Total</b>
PIC18F2680	2	10,10€
AD623	1	4,82€
DS18S20	19	38,38€
SHT11	1	23,06€
Termopar Tipo k	1	6,54€
MAX3232	1	2,25€
MAX485	1	1,57€
PCA82C251	2	3,5€
Fbs-60MC	1	694,91€
FBs-CM55E	1	315,96€
<b>Custo Sistema</b>		<b>1.101,09 €</b>

De referir que a maior intervenção no custo global do sistema de gestão corresponde ao custo do autómato programável e seu módulo de interface. No entanto, considerando a possibilidade de integração deste sistema de gestão energética num sistema de domótica residencial ou num edifício de serviços, será de prever a partilha do autómato por ambas as funções, reduzindo assim o custo relativo deste equipamento.



## 7 Conclusões

Durante a realização deste trabalho foram abordados diversos temas de destaque sobre a actual procura de uma mudança para um estilo de vida ecológico. Foi realizado o estudo sobre a implementação de diversas soluções de microgeração de energia e desenvolvido um sistema de monitorização e controlo energético para uma habitação.

Em relação à implementação de soluções para captação de energias renováveis foram analisadas as condições de operação em Aveiro utilizando os dados meteorológicos provenientes do software comercial de gestão energética *RETScreen* e da estação meteorológica da Universidade de Aveiro. Conclui-se que a opção mais rentável corresponde à aplicação de um conjunto de 20 PVs BP 7180s fabricados pela empresa *BP Solar*, no regime bonificado para microgeração, estimando-se o retorno do investimento em cerca de 6,3 anos.

Em relação ao sistema de monitorização e controlo desenvolvido, verificou-se que este desempenhava satisfatoriamente os requisitos pretendidos, conseguindo-se uma boa interface com o utilizador. Dos sistemas de medição de temperatura utilizados, verificou-se que ambos apresentam um bom desempenho tendo em conta o custo associado.

Todos os sensores utilizados apresentavam vantagens e desvantagens entre si. Quanto ao tempo de resposta, o que apresenta um tempo de resposta inferior é o sensor SHT11 comercializado pela empresa *Sensirion*, que além de rápido (permite uma frequência de funcionamento até 5Mhz) permite a leitura simultânea de temperatura e humidade. No entanto, não é permitida a implementação de vários destes sensores num só barramento e apresenta um custo superior aos restantes sensores (cerca de 23€ a 5 de Novembro de 2008). Dos sensores digitais utilizados, o que apresenta um custo inferior é o TC74 da *Microchip* (1,6€ a 5 de Novembro de 2008), tendo também como vantagem poderem ser implementado num mesmo barramento até 8 sensores equivalentes. O sensor de temperatura utilizado que permite um maior número de dispositivos equivalentes num mesmo barramento é o sensor DS18S20 da *Dallas*, que permite uma partilha do barramento quase ilimitada ( $1,84467 \times 10^{19}$  dispositivos) devido ao seu número de identificação único de 64-bits. Apresenta também como vantagem a sua alimentação em modo parasita através da linha de dados, não necessitando de uma alimentação no local

onde é aplicado. Por outro lado o sensor DS18S20 necessita de mais tempo para efectuar uma leitura, em parte devido ao complexo algoritmo de detecção de dispositivos, sendo a sua maior desvantagem a dificuldade de implementação da programação para proceder à sua leitura.

Os termopares resultaram ser a escolha ideal para a leitura de temperatura em ambientes submersos devido ao seu reduzido custo (6,5€ a 5 de Novembro de 2008) e também devido à sua elevada gama de medição de temperaturas e resolução, não necessitando de implementação de protocolos de comunicação, sendo apenas necessário a utilização de um amplificador de sinal para a medição da diferença de potencial aos seus terminais.

Embora no presente trabalho tenham sido aplicados diversos tipos de sensores e diferentes formas de integração e interligação, preconiza-se que numa aplicação prática as vantagens e limitações relativas a cada um possam condicionar a selecção dos sensores. De facto, numa aplicação residencial, a possibilidade de interligar vários sensores num mesmo barramento pode deixar de fazer sentido, face ao limitado número de ponto de medição e distância relativa entre eles. Esta característica será obviamente relevante em situações de gestão de edifícios de serviços ou industriais. De igual forma, o número reduzido de sensores necessários numa residência unifamiliar pode justificar a aplicação de sensores de temperatura e humidade, já que o custo relativamente superior será naturalmente justificado pela vantagem de obter simultaneamente estes dois parâmetros.

Tal como pretendido desde o início do estudo da escolha de componentes deste sistema, este teve como objectivo ser um sistema flexível que permitisse a implementação de novos dispositivos para a monitorização e controlo de novas variáveis e ampliar as possibilidades deste sistema. Assim sendo propõem-se algumas futuras aplicações deste sistema:

- implementação de transdutores de caudal (água e gás) distribuídos pela residência, com o objectivo de detectar fugas e monitorizar e controlar o consumo destes recurso;
- implementação de sensores de movimento distribuídos pela casa, com o objectivo de detecção de intrusão e, principalmente, fornecer indicadores de adaptação ao sistema de gestão de energia. Neste contexto, a detecção e quantificação da taxa de ocupação num compartimento pode ser directamente utilizado pelo sistema de

gestão para adaptar as condições de operação de sistemas de AVAC, ventilação e iluminação. Para além disso, esta forma de detecção pode também fornecer indicações para gestão e controlo técnico, como por exemplo, fechar o ramal de água da cozinha se esta deixar de ser utilizada durante um período de tempo prescrito;

- implementação de sistemas de monitorização das condições climáticas exteriores, permitindo desta forma adaptar as condições de funcionamento dos sistemas de condicionamento térmico e gestão dos sistemas de aquecimento de águas;
- implementação de sistemas de gestão e análise de serviços *Web* para adaptação das condições de gestão, nomeadamente serviços de previsão meteorológica.
- desenvolvimento de metodologias de aprendizagem e adaptação, capazes de analisar o comportamento quotidiano dos ocupantes, de forma a identificar gerir mais eficientemente os recursos energéticos disponíveis;





## 8 Referências

ALPINESURVIVAL - Wind Power Generator Skystream Home Wind Power [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:[http://www.alpinesurvival.com/Skystream\\_3.7\\_Wind-Generator-Turbine.html](http://www.alpinesurvival.com/Skystream_3.7_Wind-Generator-Turbine.html)>].

AMPAIR - Ampair 2008 Price List. [em linha]. (2008a). [Consult. Disponível na internet:<URL:[http://www.boost-energy.com/UserFiles/Downloads/Ampair\\_2008\\_price\\_list.pdf](http://www.boost-energy.com/UserFiles/Downloads/Ampair_2008_price_list.pdf)>].

AMPAIR - Wind and water power 2008 catalogue. [em linha]. (2008b). [Consult. 11 de Junho]. Disponível na internet:<URL:[http://www.boost-energy.com/UserFiles/Downloads/Ampair\\_2008\\_catalogue\\_web.pdf](http://www.boost-energy.com/UserFiles/Downloads/Ampair_2008_catalogue_web.pdf)>].

BRADFORD, T. - Solar Revolution: The Economic Transformation of the Global Energy Industry. MIT Press, 2006. ISBN 026202604X.

EDP - ENERGIAS DE PORTUGAL, S. A. - Guia Prático da Eficiência Energética [em linha]. Junho de 2006. 2006. [Consult. 27 Fevereiro]. Disponível na internet:<URL:[http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/saiba\\_como\\_poupar/lista.aspx](http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/saiba_como_poupar/lista.aspx)>. ISBN 972-8513-71-2.

ENERGIA, W. - Dedução no IRS 15 Outubro 2007. 2008.

ESACADEMY - Q&A Sheet 1 [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:[http://www.esacademy.com/faq/i2c/q\\_and\\_a/faq/i2cqa1.htm](http://www.esacademy.com/faq/i2c/q_and_a/faq/i2cqa1.htm)>].

FARNELL - [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://pt.farnell.com/>>].

FERENC BELINA, D. H., AMARDEO SARMA - SDL with Applications from Protocol Specification. 1991. ISBN 0-13-785890-6.

IC, M. - APPLICATION NOTE 4024. [em linha]. (2007). [Consult. Disponível na internet:<URL:[http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/an\\_pk/4024](http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/an_pk/4024)>].

IC, M. - Maxim Direct [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<https://shop.maxim-ic.com>>].

IC, M. - Overview of 1-Wire® Technology and Its Use [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:[http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote\\_number/1796/](http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/1796/)>].

IC, M. - Overview of 1-Wire® Technology and Its Use. [em linha]. (2008c). [Consult. 6 de Novembro]. Disponível na internet:<URL:[http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/an\\_pk/1796](http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/an_pk/1796)>].

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA - Painéis Solares de Baixo Custo [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=paineis-solares-de-baixo-custo&id=010115080103>>].

KEMA, L. - The Energy Island. An Inverse Pump Accumulation Station [em linha]. (2007a). [Consult. Disponível na internet:<URL:<http://www.we-at-sea.org/docs/PaperEnergyIslandEWEC2007.pdf>>].

LLC, S. D. - Wind Generators [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.solar-dyne.com/windgenerators.html>>].

MAGENN - Magenn Air Rotor Products [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.magenn.com/products.php>>].

MARTÍN, J. R. I. - Curso de Energia Solar. In: MARTÍN, J. R. I. - Curso de Energia Solar. Barcelona: Centro de Tecnologia Educativa, 1995. ISBN 84-7608-053-0,

MAURO NUNES, H. O. N. - Fundamental de UML. 3. FCA, 2001. ISBN 972-722-481-4.

MICROCHIP - Microchip Direct [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:**Erro! A referência da hiperligação não é válida.**>].

NEWS, B. - Microgrids as peer-to-peer energy [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4245584.stm>>].

PIDGEON, N. - How Ethernet Works [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://computer.howstuffworks.com/ethernet3.htm>>].

RAFAEL VIEIRA DE SOUSA, R. Y. I., ANDRÉ TORRE NETO - CAN (Controller Area Network): Um Padrão Internacional de Comunicação de Transdutores Inteligentes para Máquinas Agrícolas. [em linha]. (2006). [Consult. Disponível na ISSN 1517-4778.

RAJBHARTI, N. - PIC18C CAN Routines in 'C'. [em linha]. (2001). [Consult. Disponível na internet:<URL:[http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS\\_GET\\_PAGE&nodeId=1824&appnote=en011822](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1824&appnote=en011822)>].

RIGIN, E. - AVR-Based House Monitoring System [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.projects-lab.com/?p=248>>].

SMETHURST, S. - RS485 Cables - Why you need 3 wires for 2 (two) wire RS485 [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.chipkin.com/articles/rs485-cables-why-you-need-3-wires-for-2-two-wire-rs485>>].

SMITH, R. - QUICK REFERENCE FOR RS485, RS422, RS232 AND RS423 [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.rs485.com/rs485spec.html>>].

STEVE MACKAY, E. W., DEON REYNDERS, JOHN PARK - Practical Industrial Data Networks: Design, Installation and Troubleshooting. 2004. ISBN 07506 5807X.

SUAPESQUISA.COM - Grandes Navegações [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.suapesquisa.com/grandesnavegacoes/>>].

SYSTEMS, C. - Online intelligent temperature, humidity, pressure sensor with Ethernet interface [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.cometsystem.cz/english/humidity-transmitter-ethernet.htm>>].

WIKIPÉDIA - 1-Wire [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://en.wikipedia.org/wiki/1-Wire>>].

WIKIPÉDIA - Crise do Petróleo [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:[http://pt.wikipedia.org/wiki/Crise\\_do\\_petr%C3%B3leo](http://pt.wikipedia.org/wiki/Crise_do_petr%C3%B3leo)>].

WIKIPÉDIA - Microcontroller [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller>>].

WIKIPÉDIA - NMEA 0183 [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:[http://en.wikipedia.org/wiki/NMEA\\_0183](http://en.wikipedia.org/wiki/NMEA_0183)>].

WIKIPÉDIA - Visual Basic [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:[http://en.wikipedia.org/wiki/Visual\\_Basic](http://en.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic)>].

WIKIPÉDIA - Wind Power [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:[http://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_power](http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power)>].

WIKIPÉDIA - Wind Turbine [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:[http://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine)>].

WINDPOWER, S. - Skystream 3.7 brochure. [em linha]. (2008a). [Consult. 11 de Junho]. Disponível na internet:<URL:[http://www.windenergy.com/documents/brochures/3-CMLT-1344-01\\_Skystream\\_brochure.pdf](http://www.windenergy.com/documents/brochures/3-CMLT-1344-01_Skystream_brochure.pdf)>].

WINDPOWER, S. - Whisper100/200. [em linha]. (2008b). [Consult. 11 de Junho]. Disponível na internet:<URL:[http://www.windenergy.com/documents/spec\\_sheets/3-CMLT-1346-01\\_Whisper\\_spec.pdf](http://www.windenergy.com/documents/spec_sheets/3-CMLT-1346-01_Whisper_spec.pdf)>].



## 9 Anexos

Anexo 1 - Características do aerogerador Ampair600 (AMPAIR, 2008b).

Anexo 2- Características do aerogerador Ampair100 (AMPAIR, 2008b).

Anexo 3- Características dos modelos Whisper100 e Whisper200 (WINDPOWER, 2008b).

Anexo 4- Características do aerogerador Skystream3.7 (WINDPOWER, 2008a).

Anexo 5- Características do módulo PWM1700 da PHOTOWATT, com a variação de temperatura do módulo (PHOTOWATT, 2005).

Anexo 6- Características do módulo PWM1700 da PHOTOWATT, com a variação da irradiação (PHOTOWATT, 2005).

Anexo 7- Orçamento de instalação de um sistema de PVs para microgeração.

Anexo 8 - Dados *RETScreen* da região de Coimbra.

Anexo 9- Modelo energético do software *RETScreen* para o aerogerador Ampair600.

Anexo 10- Análise financeira do software *RETScreen* para o aerogerador Ampair600.

Anexo 11- Modelo energético do PV BP7180S obtido recorrendo ao uso do software comercial *RETScreen*.

Anexo 12- Esquema eléctrico para a implementação de comunicação CAN com microcontrolador.

Anexo 13- Esquema eléctrico da ligação de sensores e transdutor MAX3232 ao um microcontrolador de 28 pinos.

Anexo 14- Esquema eléctrico da ligação do transdutor MAX485 aos pinos do microcontrolador.

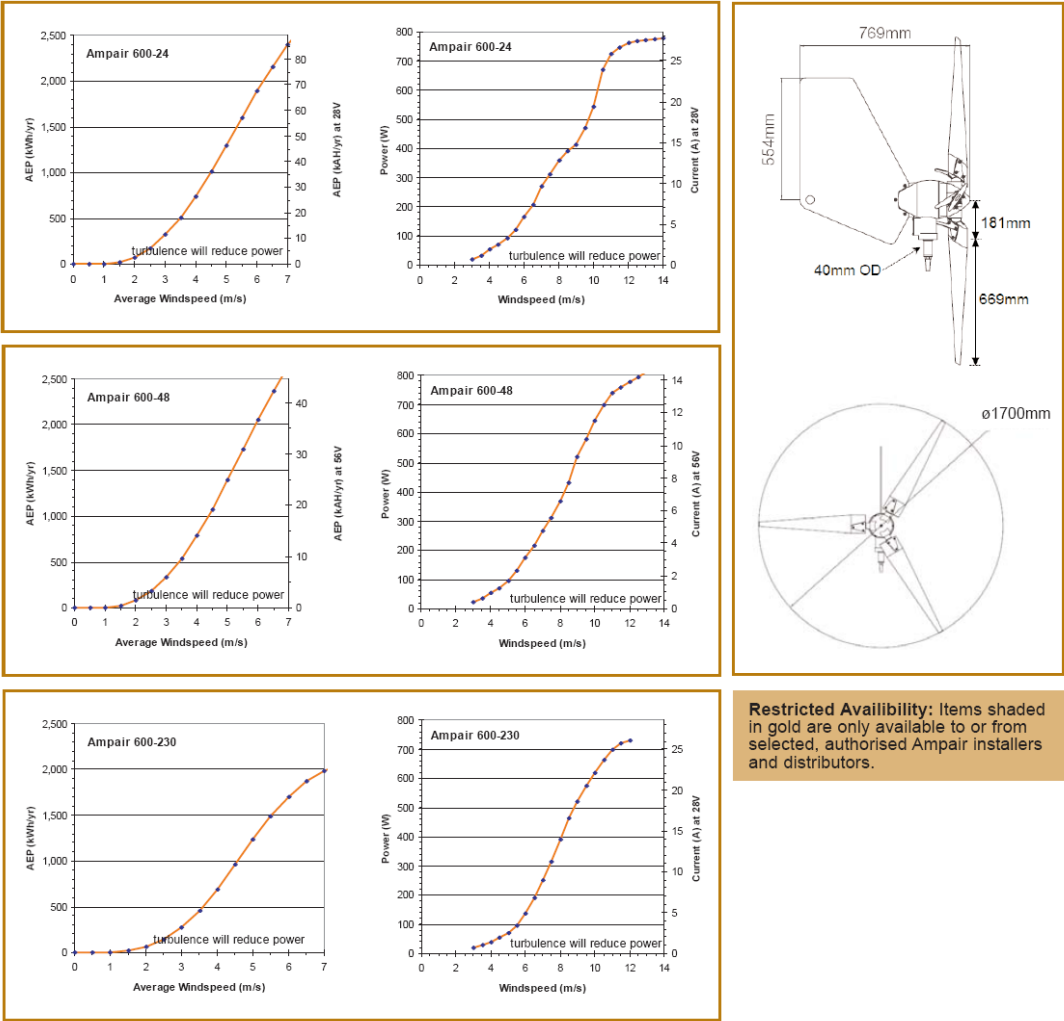
Anexo 15- Orçamento para autómato programável e módulo de comunicação.

Anexo 1 - Características do aerogerador Ampair600 (AMPAIR, 2008b).

Ampair® 600 wind turbine.

24 or 48 V battery charging  
230 V grid connection

	24 V DC battery charge	48 V DC battery charge	230 V AC grid connected
Reference power at 11.0m/s (24.6mph)	723 W (into battery)	741 W (into battery)	698 W (into grid)
Reference annual energy at 5.0 m/s	1300 kWh/yr; 48 kWh/yr	1394 kWh/yr; 25 kWh/yr	1232 kWh/yr (to grid)
Cut-in windspeed	3.0 m/s	3.0 m/s	3.0 m/s
Cut-out windspeed	n/a	n/a	n/a
Maximum power	1050 W	1140 W	730 W
Maximum voltage	24 V nominal	48 V nominal	230 V nominal
Maximum current	30 A	17 A	3.2 A
Power form	24 V DC	48 V DC	230 V AC single phase 50Hz
Power input	<0.5 W	<0.5 W	0.1 W sleep, <4 W standby
Rotor swept area	2.27m <sup>2</sup>		
Generator output	3-phase AC (to external rectifier)		
Turbine diameter	1.70 m		
Overspeed control	Blade pitch control and dump load		
Weight	16.0 kg (turbine head including blades & tail fin)		
Construction	powder coated die cast aluminium body; 3 blades of GRP construction		
Generator	direct drive NeFeBr permanent magnet generator producing three phase		
Noise	Max 1-3 dBA above background		
Longevity	Expected 15 year operational life		



## Anexo 2- Características do aerogerador Ampair100 (AMPAIR, 2008b).

## Aquair® 100 water/wind turbine. 12 or 24 or 48 V battery charging power.

Towed Turbine Generator when sailing. Wind Driven Generator when at anchor.

### Hybrid wind and water drive.

Sailing downwind at 6 knots, the Aquair 100 water drive generates approximately 5 amps continuous charge. To obtain 5 amps at 12 Volts of generation from the wind driven version while underway, the wind speed required is typically 30 knots (24 knots plus 6 knots boat speed).

### Water mode.

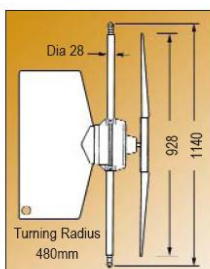
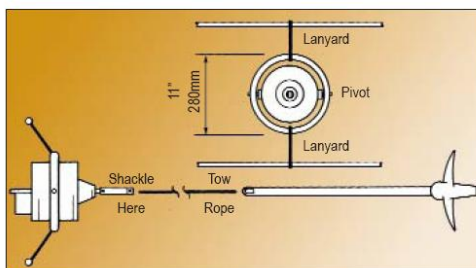
The Aquair 100 is designed for yachts cruising at 4-7 kts. The standard pitch turbine surfaces at 7-8 kts and skips at higher speeds. The coarse pitch turbine suits yachts which sail at 8-12 kts. The shaft connector is designed to break to save the generator and rail if the turbine becomes trapped. At normal cruising speeds the turbine will not noticeably slow the yacht.

### Wind mode.

Uses a "rope only", hoist-in-the-rigging system. A halyard lifts the Aquair 100 away from busy cockpit into clear air. No noise or vibration to worry about! A pole mount option is available for yachts with stern gantry or similar. A short pole is welded, clamped etc. to an existing structure. A single electrical connection then serves wind and water modes.

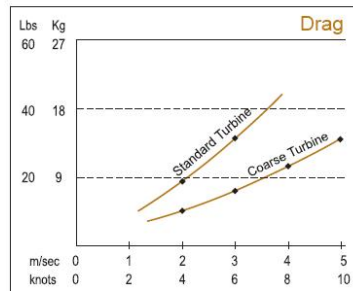
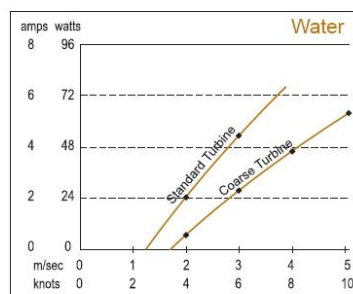
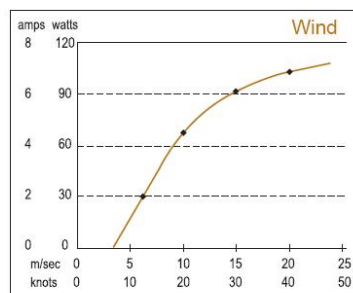
### Advantages.

Use of an Aquair 100 greatly reduces the frequency of engine running to recharge service batteries. The turbine generates sufficient power to run an autopilot, maintain navigation equipment or support a fridge. It produces a continuous output of up to 6 Amps at 12 volts. Its permanent magnet alternator with built-in rectifiers has no commutator brushes and the windings cannot overheat so it requires no thermal cut-outs or protection choke.



### Technical Specifications- water mode:

Power Rating	5 Amps 12V at 3 m/s (6 knots) waterspeed
Voltage Options	12 or 24 or 48 V DC
Output	Rectified DC
Start-up Waterspeed	3 knots
Weight	10kg Generator - 3kg Turbine
Propeller	Standard 7-8 knots or High speed 8-12 knots
Housing	Die cast aluminium (powder coated)
Wind Mode	See Ampair 100





Anexo 3- Características dos modelos Whisper100 e Whisper200 (WINDPOWER, 2008b).



# Whisper 100/200

## Reliable Remote Power

Whisper 100 provides dependable energy for remote homes, telecommunication sites and rural applications in moderate to extreme environments. Reliable operation by thousands of customers makes Whisper 100 the top selling small wind turbine in its class. Assuming a 12 mph (5.4 m/s) average wind, a Whisper 100 will produce 100 kWh per month. Best for moderate to high wind – 9 mph (4 m/s) and above.

The versatile Whisper 200 powers applications from remote homes to water pumping. The Whisper 200's 9-foot (2.7 m) blade has almost twice the swept area of the Whisper 100, yielding twice the energy. A high voltage model is available for transmission over long distances. Best for low to moderate wind – 7 mph (3 m/s) and above.

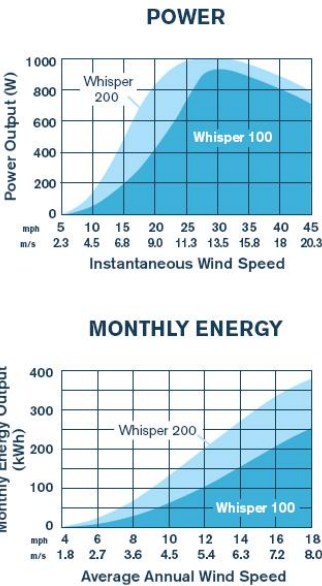
### Technical Specifications

#### WHISPER 100

Rotor Diameter	7 ft (2.1 m)
Weight	47 lb (21 kg) box; 74 lb (22.56 kg)
Shipping Dimensions	51 x 20 x 13 in (1295 x 508 x 330 mm)
Mount	2.5 in schedule 40 (6.35 cm) pipe
Start-Up Wind Speed	7.5 mph (3.4 m/s)
Voltage	12, 24, 36, 48 VDC
Rated Power	900 watts at 28 mph (12.5 m/s)
Turbine Controller	Whisper controller
Body	Cast aluminum/marine option
Blades	3-Carbon reinforced fiberglass
Overspeed Protection	Patented side-furling
Kilowatt Hours Per Month	100 kWh/mo at 12 mph (5.4 m/s)
Survival Wind Speed	120 mph (55 m/s)
Warranty	5 year limited warranty

#### WHISPER 200

Rotor Diameter	9 feet (2.7 m)
Weight	65 lb (30 kg) box; 87 lb (39.46 kg)
Shipping Dimensions	51 x 20 x 13 in (1295 x 508 x 330 mm)
Mount	2.5 in schedule 40 (6.35 cm) pipe
Start-Up Wind Speed	7 mph (3.1 m/s)
Voltage	24, 36, 48 VDC (HV available)
Rated Power	1000 watts at 26 mph (11.6 m/s)
Turbine Controller	Whisper controller
Body	Cast aluminum/marine option
Blades	3-Carbon reinforced fiberglass
Overspeed Protection	Patented side-furling
Kilowatt Hours Per Month	200 kWh/mo at 12 mph (5.4 m/s)
Survival Wind Speed	120 mph (55 m/s)
Warranty	5 year limited warranty



FIVE YEAR WARRANTY

Southwest Windpower  
1801 W. Route 66 928.779.9463  
Flagstaff, AZ 86001 USA www.windenergy.com  
Makers of Skystream 3.7® / AIR / Whisper

Printed on recycled paper using vegetable inks.

Anexo 4- Características do aerogerador Skystream3.7 (WINDPOWER, 2008a).



# SKYSTREAM 3.7®

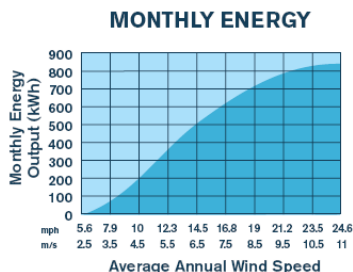
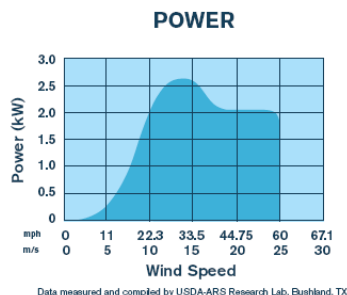
## 1.9 KW RESIDENTIAL POWER APPLIANCE

Skystream 3.7 is a breakthrough in a new generation of RPAs (Residential Power Appliances) that is changing the energy landscape of how homes and small businesses receive electricity. Skystream is the first fully integrated system that produces energy for less than the average cost of electricity in the United States and it produces usable energy in exceptionally low winds.<sup>1</sup>

Skystream is available on towers ranging from 33 feet (10.2 m) to 110 feet (33.5 m)<sup>2</sup> tall. Its universal inverter delivers power compatible with any utility grid from 110-240 VAC. Skystream efficiently and quietly provides 40-90% of the energy needs for a home or small business. Any extra energy is fed into the grid spinning the meter backward.<sup>3</sup>

### Technical Specifications

Model	Skystream 3.7
Rated Capacity	1.9 kW continuous output, 2.6 kW peak
Weight	170 lb (77 kg)
Rotor Diameter	12 ft (3.72 m)
Swept Area	115.7 ft <sup>2</sup> (10.87 m <sup>2</sup> )
Type	Downwind rotor with stall regulation control
Direction of Rotation	Clockwise looking upwind
Blades	3-Fiberglass reinforced composite
Rated Speed	50 - 325 rpm
Maximum Tip Speed	216.5 ft/s (66 m/s)
Alternator	Slotless permanent magnet brushless
Yaw Control	Passive
Grid Feeding	Southwest Windpower inverter 120-240 VAC 50-60 Hz
Battery Charging	Battery sensor available for battery charging systems
Braking System	Electronic stall regulation with redundant relay switch control
Cut-in Wind Speed	8 mph (3.5 m/s)
Rated Wind Speed	21 mph (9.4 m/s)
User Control	Wireless 2 way interface remote system
Survival Wind Speed	140 mph (63 m/s)
Warranty	5 year limited warranty



FIVE YEAR WARRANTY



### Southwest Windpower

1801 W. Route 66  
Flagstaff, AZ 86001 USA

928.779.9463

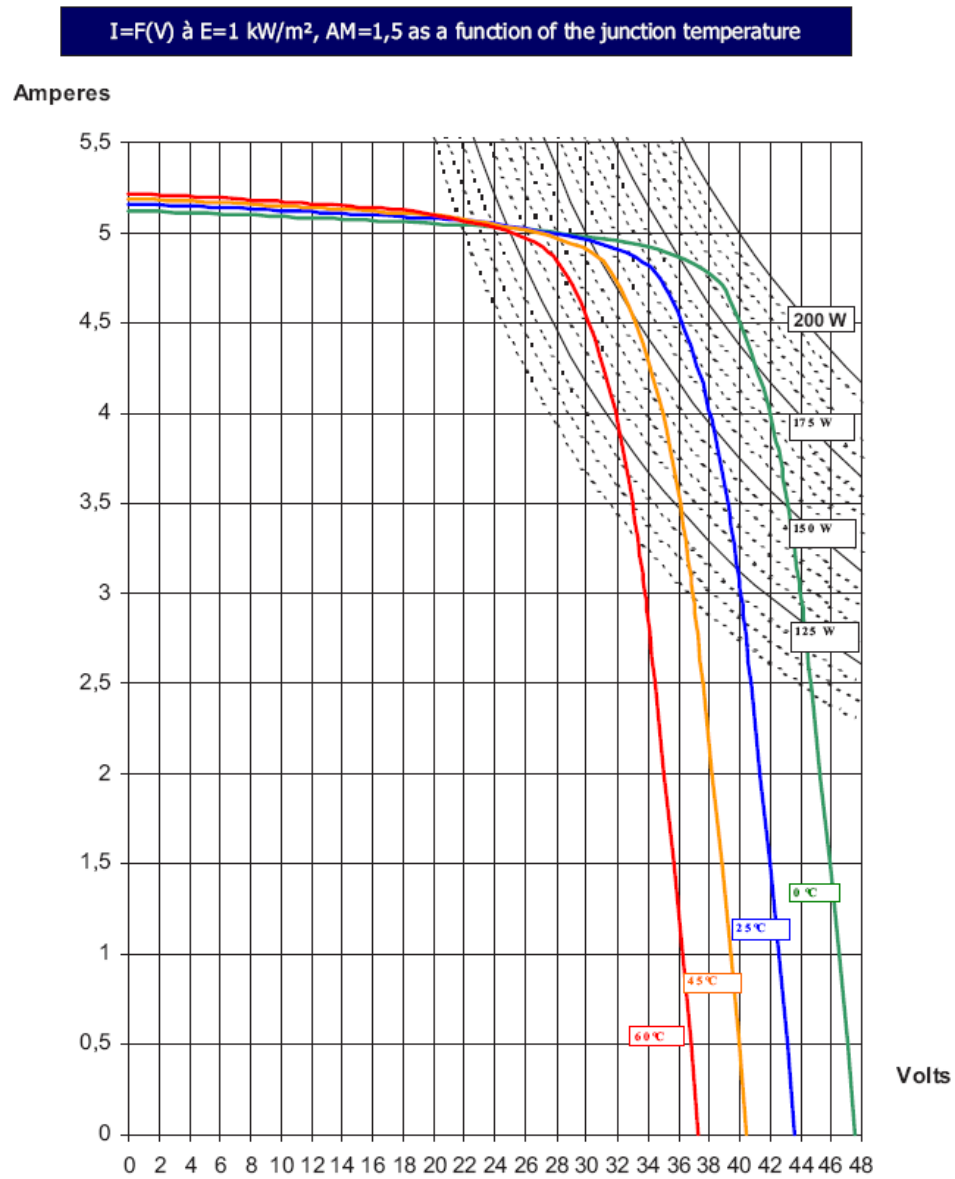
[www.skystreamenergy.com](http://www.skystreamenergy.com)

Makers of Skystream 3.7® / AIR / Whisper

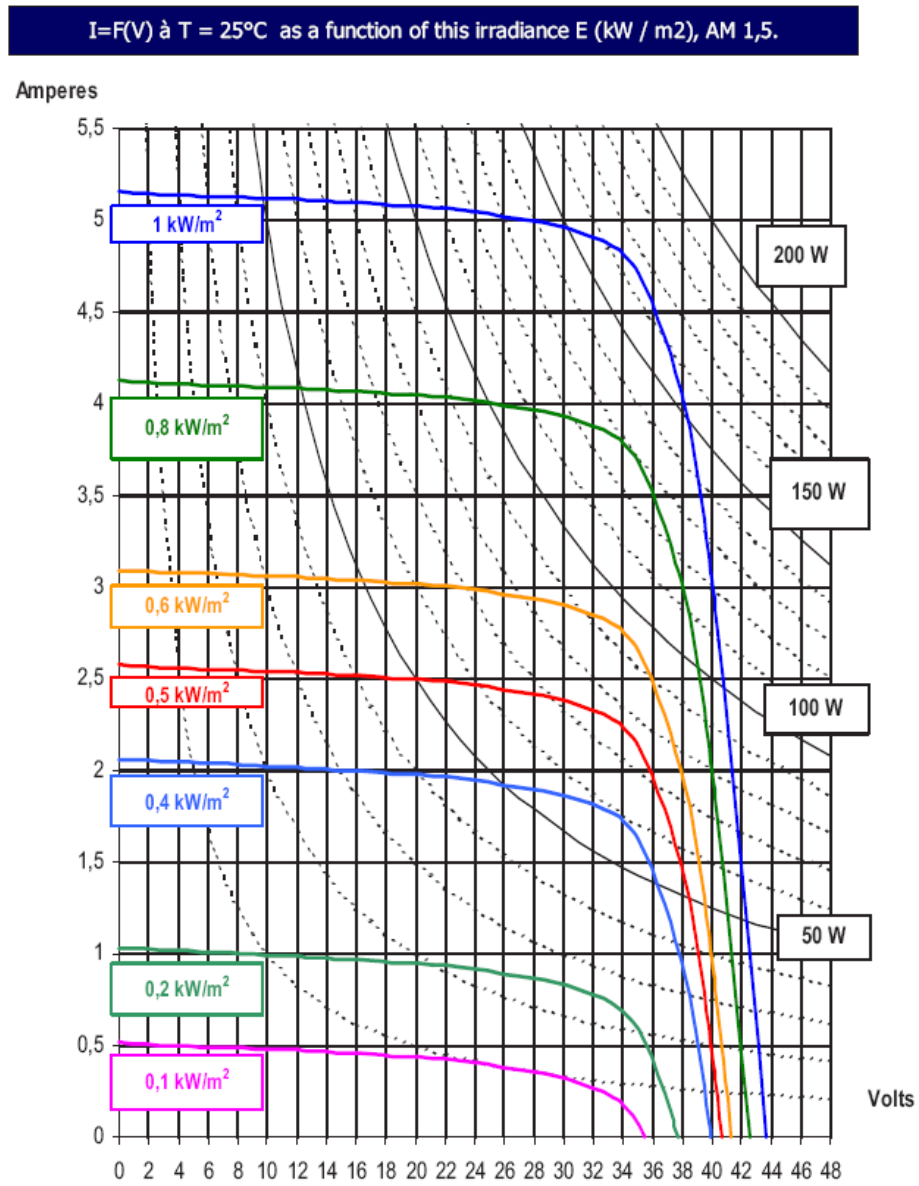
1. Based on a 12 mph (5.4 m/s) wind and utility energy cost of \$.09/kWh
2. Taller towers are available
3. Assuming the Skystream 3.7 is producing more energy than the load is consuming

Printed on recycled paper using vegetable inks.


**Anexo 5- Características do módulo PWM1700 da PHOTOWATT, com a variação de temperatura do módulo (PHOTOWATT, 2005).**



Anexo 6- Características do módulo PWM1700 da PHOTOWATT, com a variação da irradiação (PHOTOWATT, 2005).



**Anexo 7- Orçamento de instalação de um sistema de PVs para microgeração.**



**FF SOLAR**  
SISTEMAS DE ENERGIAS ALTERNATIVAS PORTUGAL, LDA.

**Sistemas de Energias Alternativas de Portugal, Lda.**  
Parque Industrial da Feiteirinha  
Lote nº 1 – Feiteirinha – Roç  
8670 – 440 Aljezur, Portugal  
Tel. 282 998745 Fax 282 99874  
Email: mail@ffsolar.co  
Internet: <http://www.ffiolar.co>

---

### 3. Inversor

O inversor indicado é o modelo Sunny Boy SB 3300 da marca SMA. Tem uma potência máxima de saída de 3600 W. Está incorporada a protecção CC ao lado da entrada dos módulos e vem equipado com o sistema 'Grid Guard', que respeita as normas de segurança para a interligação com a rede pública.  
Veja as especificações do inversor SB 3300 no Anexo B.

### 4. Caixa de protecções

Uma caixa de polycarbonato IP65 contém as protecções do lado da saída CA:  
1 disjuntor magnetotérmico 2P 20A  
1 interruptor diferencial 25A/30mA  
As dimensões da caixa: 225 mm (L) x 200 mm (A) x 90 mm (P)

### 5. Contador

O contador modelo SL7000 da marca Actaris é aprovado pela EDP e é fornecido com um modem GSM para cumprir as exigências da lei acerca da telecontagem.

### 6. Instalação

O preço da instalação inclui a mão-de-obra e o material de instalação como cabos, calhas, etc.  
Não inclui o cabo que liga ao contador/ramal nem os custos de deslocação do pessoal.

### 7. Opção Monitorização e Aquisição de Dados

Para a monitorização do desempenho do sistema recomendamos um datalogger da marca SMA, modelo Sunny WebBox, que permite a visualização e o armazenamento dos dados da produção através de um computador.

Observação:  
O Sunny WebBox requer uma rede informática existente com hub ou router.

### 8. Preços

O preço total de **21.329,54 €** é composto conforme a tabela seguinte:

	quant.	preço unit.	preço total	IVA
Módulo BP 7180 S	20	810,00 €	16.200,00 €	12%
Inversor SB 3300 com ESS	1	2.106,66 €	2.106,66 €	12%
Caixa de protecções	1	150,00 €	150,00 €	21%
Estrutura de fixação	1	922,88 €	922,88 €	21%
Contador ACE SL7000 c/ modem GSM	1	750,00 €	750,00 €	21%
Instalação	1	1.200,00 €	1.200,00 €	21%
		Soma:	<b>21.329,54 €</b>	
Opção Monitorização				
Sunny WebBox (2xRS485)	1	716,40 €	716,40 €	21%

3/4

## Anexo 8 - Dados RETScreen da região de Coimbra.

Natural Resources  
Canada

## RETScreen® International

www.retscreen.net

Software de Análise de Projetos de Energia Limpa

**Informação sobre o projeto** [Veja banco de Dados do projeto](#)

Nome do Projeto	Ampair 600
Localização do Projeto	Aveiro
Preparado para	Microgeração
Preparado por	Marcos Gomes
Tipo de projeto	Produção de eletricidade
Tecnologia	Turbina eólica
Tipo de grid	Rede Central
Tipo de análise	Método 2
Poder calorífico de referência	Poder calorífico superior (PCS)
Ver parâmetros	<input checked="" type="checkbox"/>
Idioma	Portuguese - Português
Manual do usuário	English - Anglais
Moeda	Euro
Unidades	Unidades métricas

**Condições de Referência do site** [Selecionar local de dados climáticos](#)

Localização dos dados climáticos	Coimbra
Mostrar dado	<input checked="" type="checkbox"/>

	Unidade	Localização dos dados climáticos	Localização do Projeto
Latitude	°N	40,2	40,2
Longitude	°E	-8,4	-8,4
Elevação	m	140	140
Temperatura para projeto de aquecimento	°C	3,3	
Temperatura para projeto de refrigeração	°C	31,3	
Amplitude da Temperatura do Solo	°C	18,4	

Mês	Temperatura do Ar	Humidade relativa	Radiação solar diária - horizontal	Pressão atmosférica	Velocidade do Vento	Temperatura do Solo	Graus-dia mensal p/ aquecimento	Refrigeração graus-dias	
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d	
Janeiro	10,0	79,0%	1,98	100,4	3,0	7,8	248	0	
Fevereiro	11,0	77,0%	2,90	100,1	3,1	9,3	196	28	
Março	12,5	72,0%	4,38	100,2	2,8	13,0	171	78	
Abril	14,0	73,0%	5,45	99,9	2,7	15,4	120	120	
Maio	16,4	71,0%	6,07	100,0	2,5	19,6	50	198	
Junho	19,6	70,0%	6,42	100,0	2,4	24,5	0	288	
Julho	21,8	68,0%	6,81	100,1	2,4	26,9	0	366	
Agosto	21,8	67,0%	6,23	100,0	2,4	25,5	0	366	
Setembro	20,8	69,0%	4,70	100,1	2,2	22,2	0	324	
Outubro	17,4	73,0%	3,55	100,1	2,4	16,7	19	229	
Novembro	13,0	77,0%	2,46	100,1	2,6	11,8	150	90	
Dezembro	10,4	78,0%	2,17	100,3	3,0	9,2	236	12	
<b>Anual</b>									
Medido a	m	15,8	72,8%	4,44	100,1	2,6	16,9	1.188	2.099
						10,0	0,0		

[Completar a planilha de Modelo Energético](#)

RETScreen4 2008-07-08
© Minister of Natural Resources Canada 1997-2008.
NRCan/CETC - Varennes



Anexo 9- Modelo energético do software RETScreen para o aerogerador Ampair600.

Modelo Energético RETScreen - Projeto produção de Eletricidade

☐Mostrar outras unidades

Sistema de eletricidade do caso proposto

Tecnologia

Turbina eólica

Tipo de análise

☐Método 1

☒Método 2

☐Método 3

Avaliação de recursos

Método de avaliação dos recursos

Velocidade do Vento

☒Mostrar dado

[Veja mapas](#)

Velocidade do vento - anual

Medido a

Coefficiente de cisalhamento do vento

Temperatura do ar - anual

Pressão Atmosférica - anual

m/s

3,0

2,6

m

10,0

10,0

1

°C

14,5

15,8

kPa

100,6

100,1

Turbina eólica

Capacidade de potência por turbina

Fabricante

Modelo

Número de turbinas

Potência elétrica

Altura do centro

Diâmetro do rotor por turbina

Área de varredura por turbina

Dado da curva de energia

Fator de forma

kW

1

Ampair

Ampair 600

1

kW

1

m

10,0

3,0 m/s

m

2

m²

2

Padrão

2,0

☒Mostrar dado

Velocidade do Vento

Curva de potência

Dado da curva de energia

m/s

kW

MWh

0

0

1

0

2

0

3

0

0,4

4

0

0,8

5

0

1,4

6

0

1,9

7

0

2,3

8

0

2,5

9

1

2,6

10

1

2,5

11

1

2,4

12

1

2,3

13

1

2,1

14

-

2,0

15

-

1,8

16

-

17

-

18

-

19

-

20

-

21

-

22

-

23

-

24

-

25 - 30

-

Perdas do painel

Perdas no aerofólio

Perdas diversas

Disponibilidade

Resumo

Fator de Utilização

Eletricidade exportada p/ rede

Preço eletricidade exportada

%

0,0%

0,0%

0,0%

95,0%

%

6,4%

MWh

0

€/MWh

455,00

☒Mostrar dado

Produção de energia não ajustada

Coefficiente de pressão

Coefficiente de Temperatura

Produção de energia bruta

Coefficiente de perdas

Rendimento específico

MWh

0

0,993

1,002

0

0,95

kWh/m²

147

102

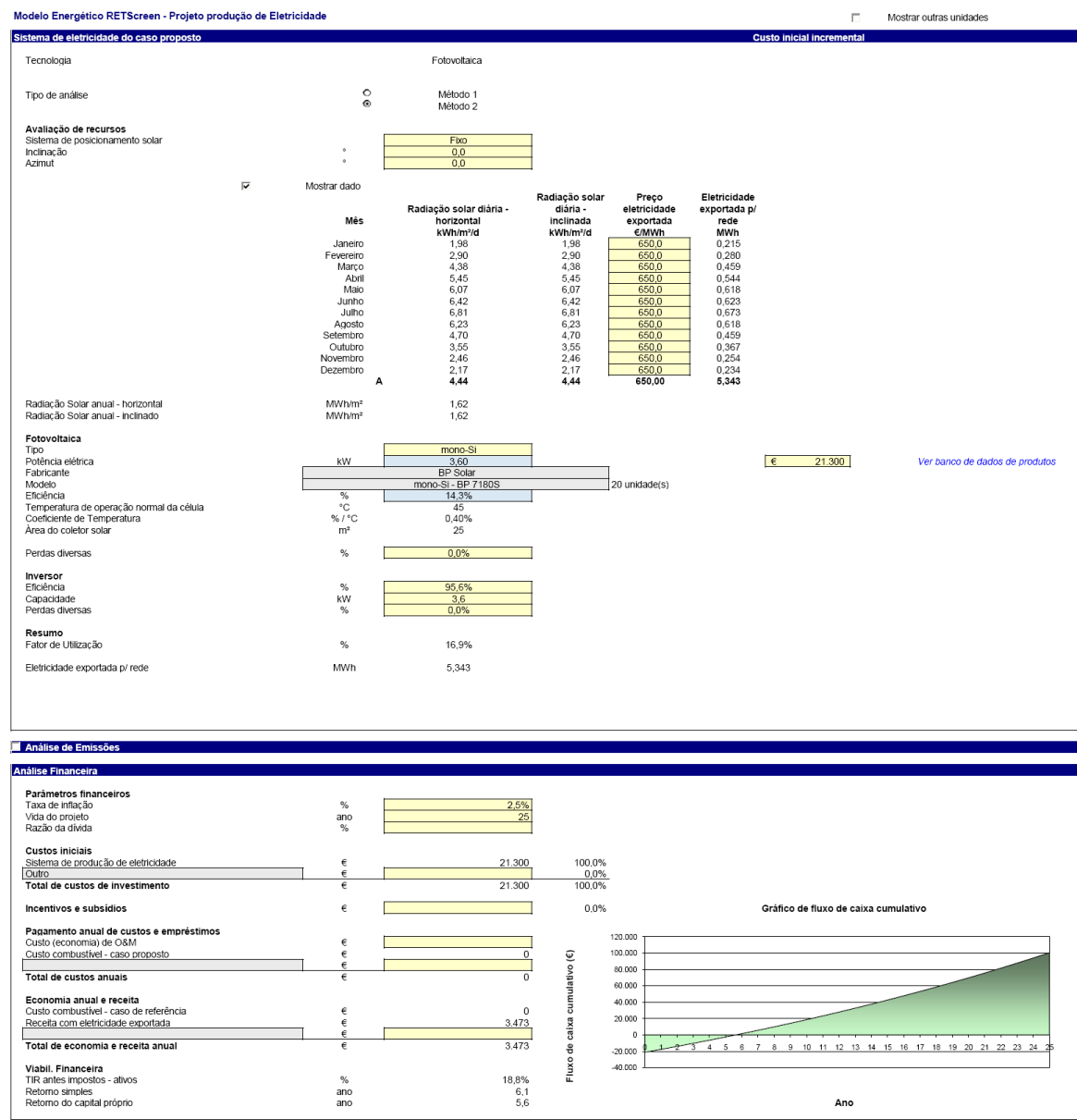
Anexo 10- Análise financeira do software *RETScreen* para o aerogerador Ampair600.

## Análise Financeira RETScreen -Projeto produção de Eletricidade

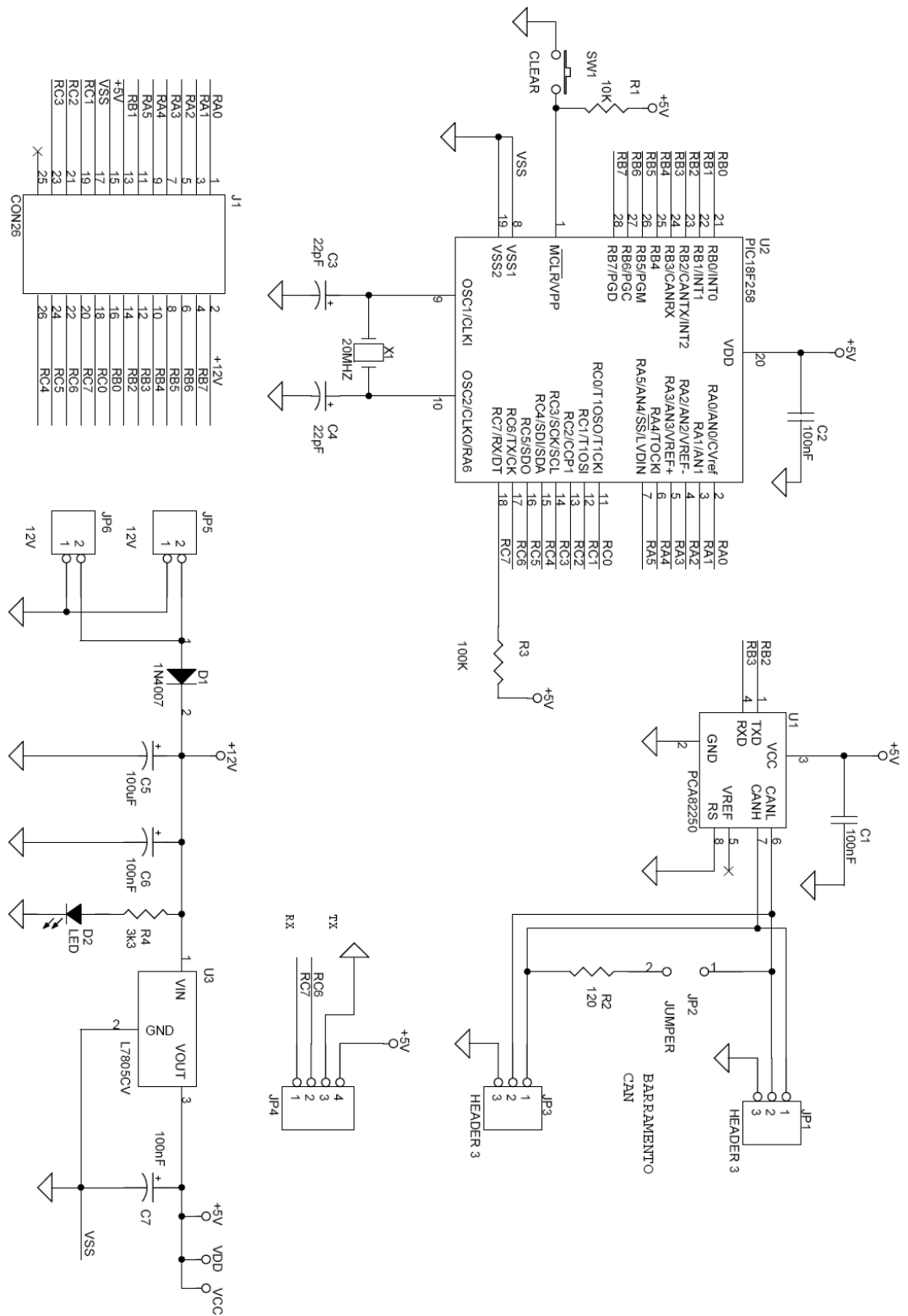
Parâmetros financeiros				Custo projeto e sumário econ./receita				Fluxo de caixa anual			
Geral				Custos iniciais				Ano			
Reajuste do custo do combustível	%		5,0%					#	Antes imposto	Após imposto	Cumulativo
Taxa de inflação	%		2,5%					0	€	€	€
Taxa de desconto	%		9,0%					1	-5.001	-5.001	-5.001
Vida do projeto	ano		25					2	104	104	-4.896
Financiamento				Sistema de produção de eletricidade 100,0% € 5.001				3	104	104	-4.792
Incentivos e subsídios	€		0					4	104	104	-4.687
Razão da dívida	%		0,0%					5	104	104	-4.583
Análise do imposto de renda				Balanço do sistema e misc. 0,0% € 0				6	104	104	-4.478
				Total de custos de investimento 100,0% € 5.001				7	104	104	-4.374
								8	104	104	-4.269
				Pagamento anual de custos e empréstimos				9	104	104	-4.165
				C&M € 0				10	104	104	-4.060
				Custo combustível - caso proposto € 0				11	104	104	-3.956
				Total de custos anuais € 0				12	104	104	-3.851
				Custos periódicos(créditos)				13	104	104	-3.747
								14	104	104	-3.642
				Economia anual e receita				15	104	104	-3.538
				Custo combustível - caso de referência € 0				16	104	104	-3.434
				Receita com eletricidade exportada € 104				17	104	104	-3.329
				Total de economia e receita anual € 104				18	104	104	-3.225
								19	104	104	-3.120
								20	104	104	-2.911
								21	104	104	-2.807
								22	104	104	-2.702
								23	104	104	-2.598
								24	104	104	-2.493
								25	104	104	-2.389
Receita anual				Viabil. Financeira							
Receita com eletricidade exportada				TIR antes impostos-capital próprio	%	-4,5%					
Eletricidade exportada p/ rede	MWh	0		TIR antes impostos - ativos	%	-4,5%					
Preço eletricidade exportada	€/MWh	455,00		TIR após impostos - capital	%	-4,5%					
Receita com eletricidade exportada	€	104		TIR após impostos - ativos	%	-4,5%					
Taxa de indexação sobre a eletricidade exportada	%			Retorno simples	ano	47,9					
Receita pela redução de GEE				Retorno do capital próprio	ano	> projeto					
Redução líquida de GEE	tCO2/an	0		Valor Presente Líquido (VPL)	€	-3.974					
Redução líquida de GEE - 25 anos	tCO2	1		Economia anual no ciclo de vida	€/an	-405					
Receita (ou desconto) adicional do consumidor				Razão custo benefício (C-B)		0,21					
				Custo da Geração de energia	€/MWh	2.217,27					
				Custo de Redução de GEE	€/tCO2	8,352					
Outras receitas ( custo)				Gráfico de fluxo de caixa cumulativo							
Receita da produção de Energia Limpa (EL)											



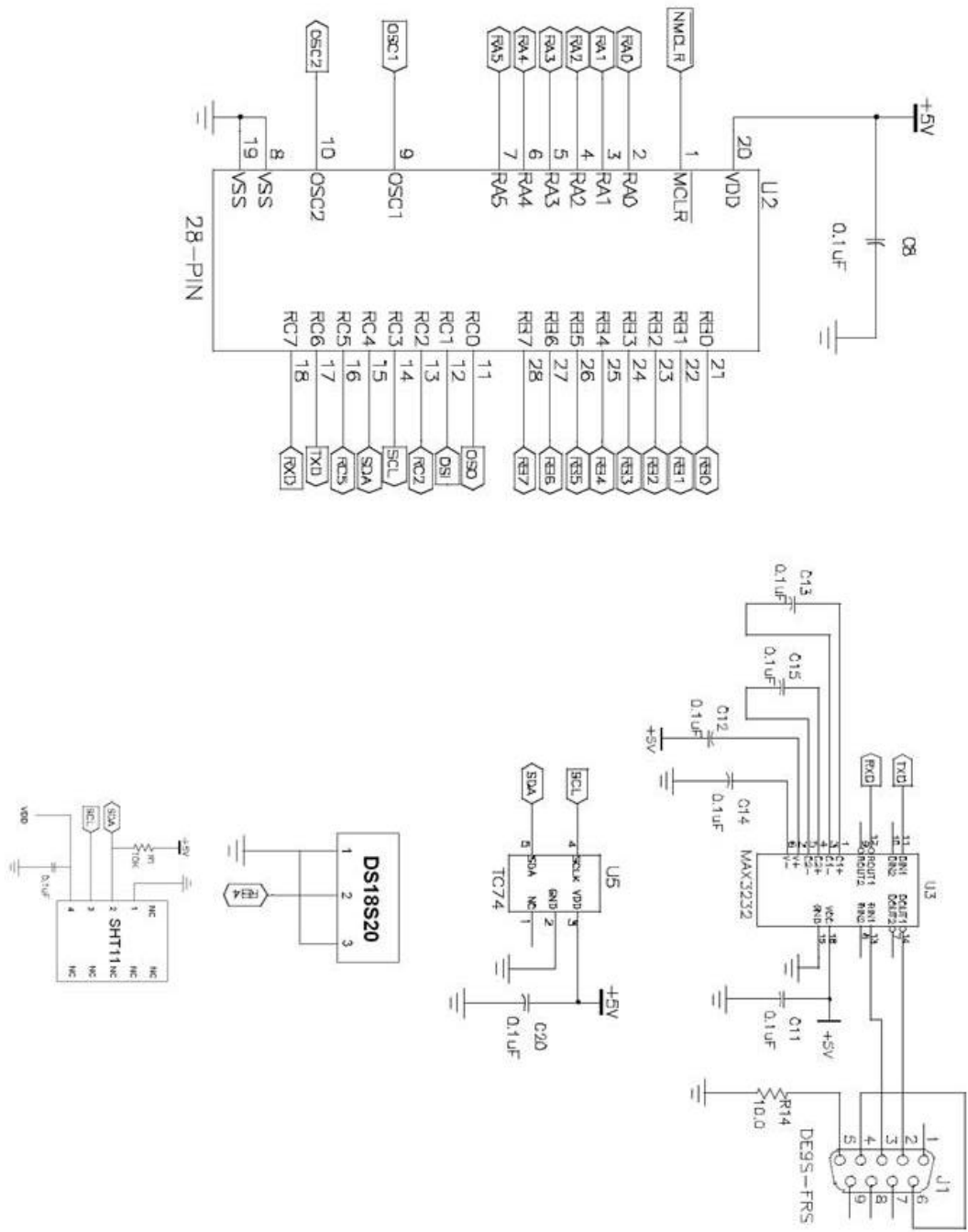
Anexo 11- Modelo energético do PV BP7180S obtido recorrendo ao uso do software comercial RETScreen.



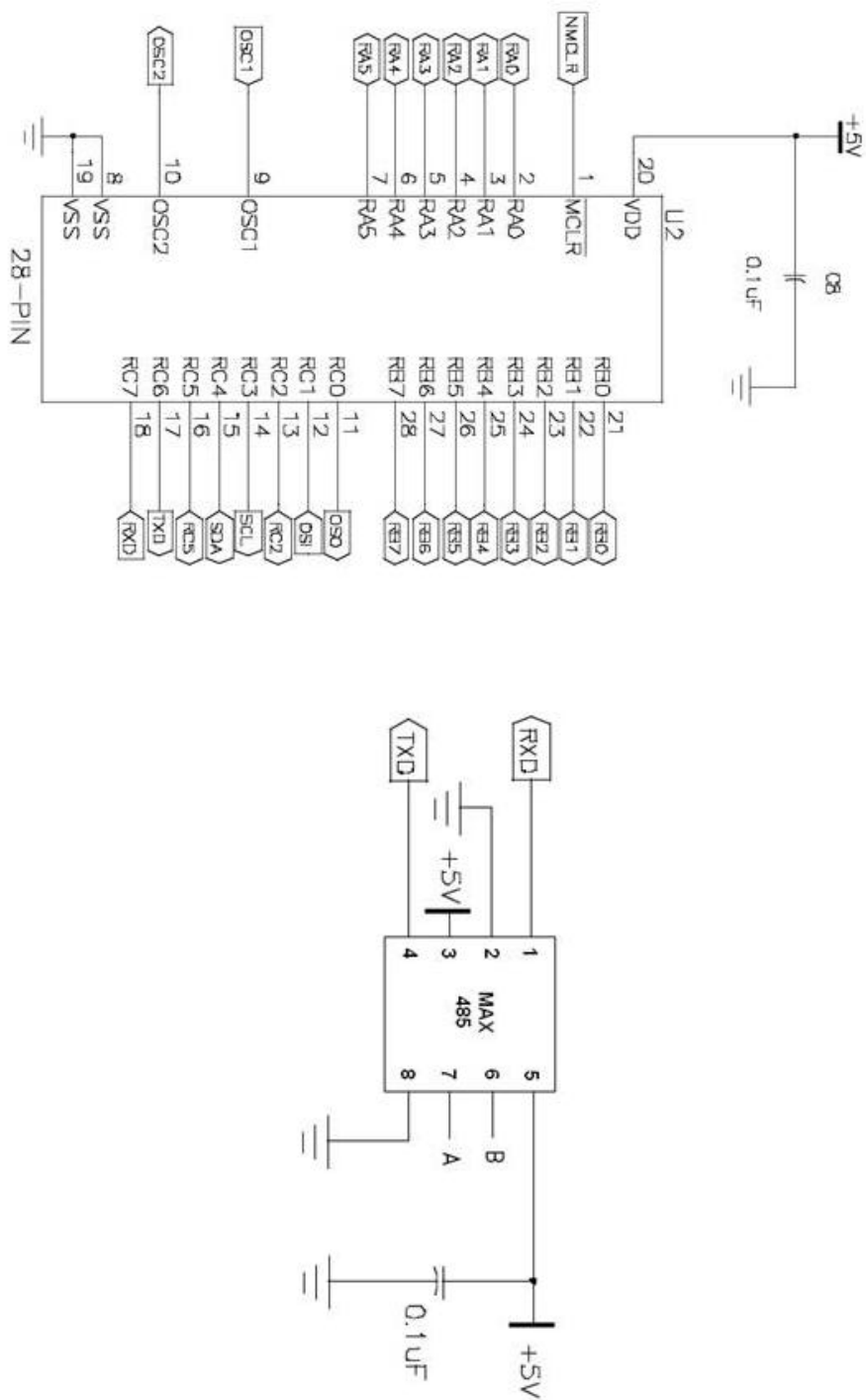
Anexo 12- Esquema eléctrico para a implementação de comunicação CAN com microcontrolador.



Anexo 13- Esquema eléctrico da ligação de sensores e transdutor MAX3232 ao um microcontrolador de 28 pinos.



Anexo 14- Esquema eléctrico da ligação do transdutor MAX485 aos pinos do microcontrolador.



Anexo 15- Orçamento para autómato programável e módulo de comunicação.

18-11-2008

a31106@ua.pt Caixa de Entrada me...

**Correio Electrónico**  
Universidade de Aveiro

[Entrada](#) [Caixas](#) [Novo email](#) [evento](#) [tarefa](#) [nota](#) [Regras](#) [Configuração](#) [Terminar](#)

 [Próxima não lida](#) [Responder](#) [Responder para todos](#) [Reenviar](#)  
[Voltar a Caixa de Entrada](#) [Apagar](#) [Sinalizar](#) [Fechar como não lida](#) 

**De:** "Manuel Raposo \\\(Prosistav\\)" <mraposo@prosistav.pt>

**Assunto:** Orçamento

**Date:** Tue, 18 Nov 2008 21:15:50 -0000

**Para:** <a31106@ua.pt>

Caro Marcos Gomes,

Serve o presente para enviar os preços de tabela do seguinte equipamento da marca FATEK:

1 - FBS-60MC	Autómato compacto com 36DI + 24DO	579,09€
1 - FBS-CM55E	Módulo de comunicação c/ 1xEthernet + 2xRS485	263,22€

Estes artigos existem em stock.

Condições de fornecimento a acordar posteriormente.

Sobre estes valores deverá incidir o IVA (20%).

Melhores cumprimentos / Best regards

**Manuel Raposo**

Dpt. Técnico / Tec. Department

**PROSISTAV** - Projectos e Sistemas de Automação, Lda  
tlf. +351 234 397 210 • fax +351 234 397 219 • mob. +351 917 594 192  
e-mail [mraposo@prosistav.pt](mailto:mraposo@prosistav.pt) • [www.prosistav.pt](http://www.prosistav.pt)  
Skype: manuel\_raposo



Antes de imprimir este e-mai, verifique se é necessário / Before printing this email, assess if it is really needed

 [Próxima não lida](#) [Responder](#) [Responder para todos](#) [Reenviar](#)  
[Voltar a Caixa de Entrada](#) [Apagar](#) [Sinalizar](#) [Fechar como não lida](#) 

<https://mail.ua.pt/Session/623775-6...>

1/2